

COMMITTENTE



COMUNE DI GENOVA

IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO
ALBERTO BITOSSÌ
IL DIRETTORE ESECUTORE DEL CONTRATTO
ANTONIO ROSSA

PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)

PROGETTAZIONE

MANDANTARIA

MANDANTE
MANDANTE



MANDANTE



ABDR architetti associati srl.

STUDIO ARCHITETTONICO

AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS - STRUTTURE: RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

IL PROGETTISTA RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE

Dott. Ing. Alessandro Peresso

SCALA:

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
E 2 1 D	0 0	D	Z 3	R H	F A 4 8 0 0	1 0 6	D

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE	ABDR	15/01/2022	P. Desideri	15/01/2022	A. Peresso	15/01/2022	
B	EMISSIONE	ABDR	01/03/2022	P. Desideri	01/03/2022	A. Peresso	01/03/2022	
C	Var. team commessa	ABDR	18/05/2022	P. Desideri	18/05/2022	A. Peresso	18/05/2022	
D	EMISSIONE PER COMMENTI	ABDR	07/2022	P. Desideri	07/2022	A. Peresso	07/2022	



NOME FILE: E21D-00-D-Z3-RH-FA4800-106-D

n. Elab.:

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">COMMESSA</th> <th style="width: 15%;">LOTTO</th> <th style="width: 15%;">CODIFICA</th> <th style="width: 15%;">DOCUMENTO</th> <th style="width: 15%;">REV.</th> <th style="width: 15%;">FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">E21D</td> <td style="text-align: center;">00 D Z3</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">FA4800106</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">3 di 119</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	3 di 119
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	3 di 119								

INDICE

1. Introduzione.....	5
2. Riferimenti Normativi	6
3. Proprietà dei materiali.....	7
3.1 Calcestruzzo C25/30 - fondazioni (ex. § 4.1.2 NTC 18).....	7
3.2 Acciaio per barre d'armatura B450C (ex. § 11.3.2 NTC 18)	7
3.3 Acciaio S355J0 (ex. § 4.2.1.1 NTC 18)	8
3.4 Bulloni (ex. § 11.3.4.6 NTC 08)	9
4. Analisi delle sezioni.....	10
4.1 HEB260	10
4.2 HEB120	11
5. Carichi.....	12
5.1 Carico neve (Q ₁) (ex. § 3.4 N.T.C.18).....	13
5.2 Carico vento (Q ₃) (ex. § 3.3 N.T.C.18).....	14
5.3 Azione della temperatura (Q ₄) (ex. § 3.5.5 N.T.C.18)	16
5.4 Carico da manutenzione.....	17
5.5 Azione sismica.....	18
5.5.1 Determinazione manuale dei torcenti sismici convenzionali di piano (ex. § 7.2.6 NTC '18).....	26
5.6 Combinazione dei carichi.....	29
6. Modello di calcolo.....	32
7. Analisi dinamica.....	33
8. Verifiche di resistenza - carpenteria metallica.....	35
8.1 Profilo HEB 260	35
8.1.1 Verifica di instabilità	37
8.2 Profilo HEB 120	39
9. Verifiche di deformazione verticale	41
10. Verifica delle connessioni	44
10.1 Connessione Pilastro-trave (tipo 1).....	44
10.1.1 Verifica dell'unione bullonata.....	45
10.1.2 Verifica del piatto	46
10.2 Connessione Pilastro-trave (tipo 2).....	47
10.3 Verifica della connessione Trave Principale – Trave secondaria	49
10.3.1 Verifica dell'unione bullonata.....	50
10.4 Verifica della connessione in fondazione	51
10.4.1 Verifica della carpenteria metallica.....	52
10.4.2 Verifica dei tirafondi.....	53
11. Verifica delle fondazioni- modello Ferraris 1	56

NOME DOCUMENTO

AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS -
STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	4 di 119

11.1	CARATTERIZZAZIONE DEL TERRENO	57
11.2	Modello di Calcolo della Fondazione con Winkler	57
11.2.1	Calcolo della costante elastica di Winkler.....	58
11.3	Confronto tra modello con fondazione rigida e flessibile	61
11.4	VERIFICHE DI RESISTENZA	64
11.4.1	Verifiche di Resistenza Geotecnica (A1+M1+R3)	64
11.4.2	Verifica della fondazione	74
11.4.3	Verifica Soletta di fondazione	81
11.5	Analisi conclusive in merito alla verifica delle fondazioni.....	87
12.	Verifica delle fondazioni- modello Ferraris 2	88
12.1	CARATTERIZZAZIONE DEL TERRENO	89
12.2	Modello di Calcolo della Fondazione con Winkler	89
12.2.1	Calcolo della costante elastica di Winkler.....	90
12.3	Confronto tra modello con fondazione rigida e flessibile	94
12.4	VERIFICHE DI RESISTENZA	96
12.4.1	Verifiche di Resistenza Geotecnica (A1+M1+R3)	96
12.4.2	Verifica della fondazione	108
12.4.3	Verifica Soletta di fondazione	115
12.5	Analisi conclusive in merito alla verifica delle fondazioni.....	119

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">COMMESSA</th> <th style="text-align: center;">LOTTO</th> <th style="text-align: center;">CODIFICA</th> <th style="text-align: center;">DOCUMENTO</th> <th style="text-align: center;">REV.</th> <th style="text-align: center;">FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">E21D</td> <td style="text-align: center;">00 D Z3</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">FA4800106</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">5 di 119</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	5 di 119
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	5 di 119								

1. Introduzione

La presente relazione di calcolo riporta le verifiche strutturali relative al nuovo capolinea degli autobus da realizzarsi a Genova, zona Ferraris. La struttura di nuova realizzazione si compone di profili metallici che realizzano la parte in elevazione, collegati tra loro da giunti sia saldati sia realizzati da bulloni.

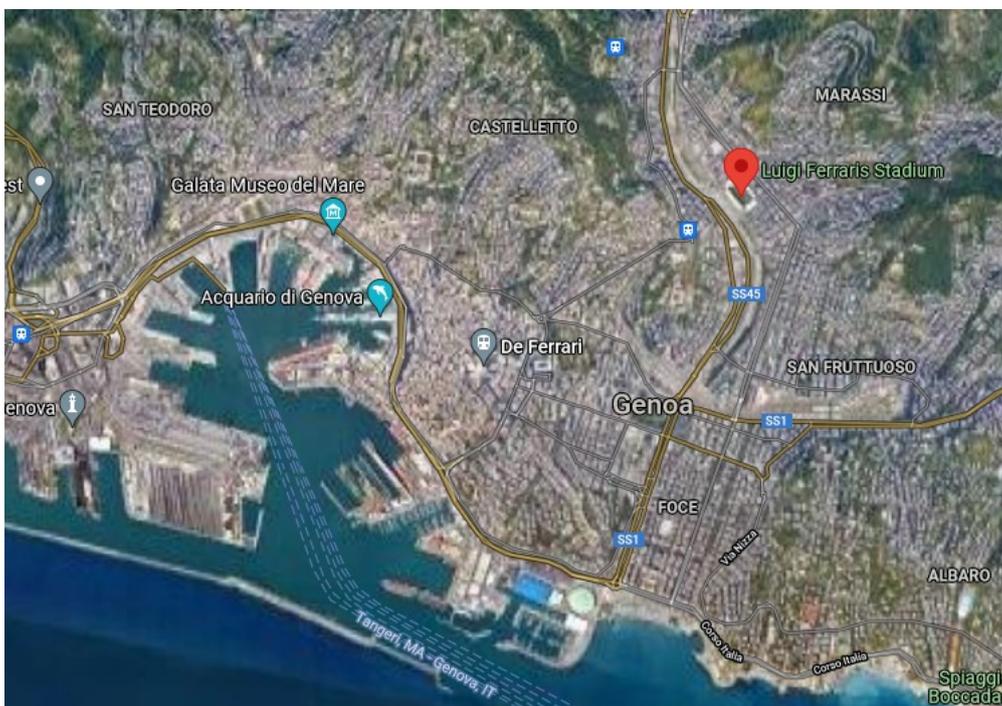


Figura 1 Geolocalizzazione - vista in pianta

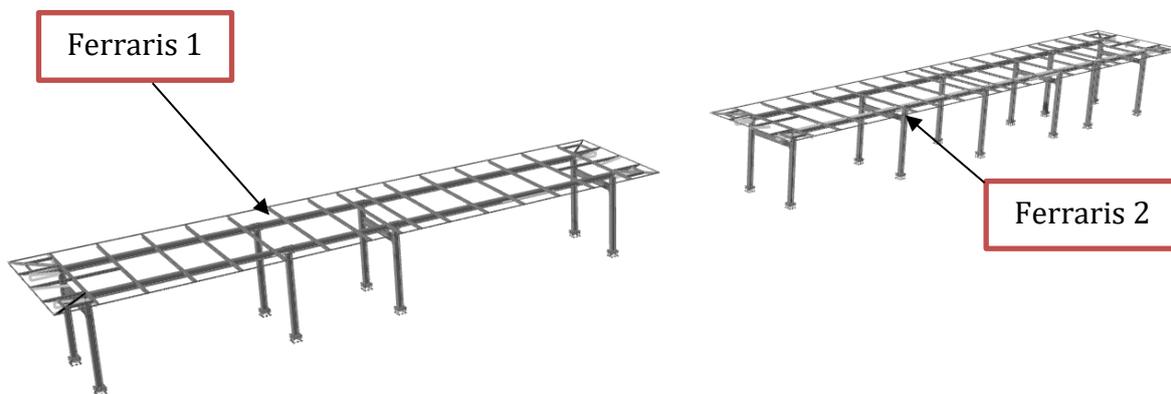


Figura 2 Vista 3d della carpenteria metallica

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">COMMESSA</th> <th style="text-align: center;">LOTTO</th> <th style="text-align: center;">CODIFICA</th> <th style="text-align: center;">DOCUMENTO</th> <th style="text-align: center;">REV.</th> <th style="text-align: center;">FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">E21D</td> <td style="text-align: center;">00 D Z3</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">FA4800106</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">6 di 119</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	6 di 119
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	6 di 119								

2. Riferimenti Normativi

Nella stesura dei calcoli e nella redazione degli elaborati progettuali si è fatto riferimento alle Leggi ed alle Norme tecniche vigenti di seguito riportate:

- **D.M. 17.01.2018 [NTC 18]**

“Norme tecniche per le costruzioni”

- **Circolare 21 Gennaio 2019, n°7**

“Istruzioni per l’applicazione dell’“Aggiornamento delle Norme tecniche per le Costruzioni” di cui al decreto ministeriale 17 Gennaio 2018.

- **CNR-DT 207/2008**

“Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni”

- **UNI-EN 1090-1 2013**

“Esecuzione delle strutture in acciaio e di alluminio. Parte1: requisiti per la valutazione di conformità dei componenti strutturali”.

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">COMMESSA</th> <th style="width: 15%;">LOTTO</th> <th style="width: 15%;">CODIFICA</th> <th style="width: 15%;">DOCUMENTO</th> <th style="width: 10%;">REV.</th> <th style="width: 10%;">FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">E21D</td> <td style="text-align: center;">00 D Z3</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">FA4800106</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">7 di 119</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	7 di 119
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	7 di 119								

3. Proprietà dei materiali

3.1 Calcestruzzo C25/30 - fondazioni (ex. § 4.1.2 NTC 18)

$E = 31476 [MPa]$: modulo di elasticità

$\mu = 0.2$: rapporto di Poisson

$\gamma = 25 [KN / m^3]$: peso specifico

$\alpha = 1.0 \cdot 10^{-5} [1/^\circ C]$: coefficiente di dilatazione termica

$f_{bk} = 4.04 [MPa]$: resistenza di caratteristica di aderenza

$f_{cd} = 14.2 [MPa]$: resistenza di calcolo a compressione del cls

$f_{ctd} = 1.2 [MPa]$: resistenza di calcolo a trazione del cls

3.2 Acciaio per barre d'armatura B450C (ex. § 11.3.2 NTC 18)

$E = 210000 [MPa]$: modulo di elasticità

$f_{nom} = 540 [MPa]$: tensione nominale a carico massimo

$f_{ynom} = 450 [MPa]$: tensione nominale di snervamento

$f_{yd} = 390 [MPa]$: resistenza di calcolo dell'acciaio

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">COMMESSA</th> <th style="text-align: left;">LOTTO</th> <th style="text-align: left;">CODIFICA</th> <th style="text-align: left;">DOCUMENTO</th> <th style="text-align: left;">REV.</th> <th style="text-align: left;">FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4800106</td> <td>B</td> <td>8 di 119</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	8 di 119
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	8 di 119								

3.3 Acciaio S355J0 (ex. § 4.2.1.1 NTC 18)

$E = 210000 [MPa]$: modulo di elasticità

$\mu = 0.33$: rapporto di Poisson

$\gamma = 80 [KN / m^3]$: peso specifico

$\alpha = 1.2 \cdot 10^{-5} [1/^\circ C]$: coefficiente di dilatazione termica

$f_{tk} = 510 [MPa]$: tensione di rottura

$f_{yk} = 355 [MPa]$: tensione caratteristica di snervamento

$f_{ywd} = 338 [MPa]$: resistenza di progetto dell'acciaio

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)					
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	COMMESSA E21D	LOTTO 00 D Z3	CODIFICA RH	DOCUMENTO FA4800106	REV. B	FOGLIO 9 di 119

3.4 Bulloni (ex. § 11.3.4.6 NTC 08)

CLASSE DI RESISTENZA: 8.8

$f_{yb} = 640 [MPa]$: tensione di snervamento

$f_{ub} = 800 [MPa]$: tensione di rottura

In accordo con le NTC'18, le resistenze a taglio e trazione si determinano come segue.

Resistenza a taglio:

$$F_{v,Rd} = \frac{0.6 \cdot f_{ub} \cdot A_{res}}{\gamma_{Mb}}$$

La resistenza a trazione:

$$F_{t,Rd} = \frac{0.9 \cdot f_{ub} \cdot A_{res}}{\gamma_{Mb}}$$

Bullone	Fvrd [kN]	Ftrd [kN]
M16	50.2	90
M24	135	203

Tabella 1 Valori di resistenza bulloni

NOME DOCUMENTO

AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS -
STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA

E21D

LOTTO

00 D Z3

CODIFICA

RH

DOCUMENTO

FA4800106

REV.

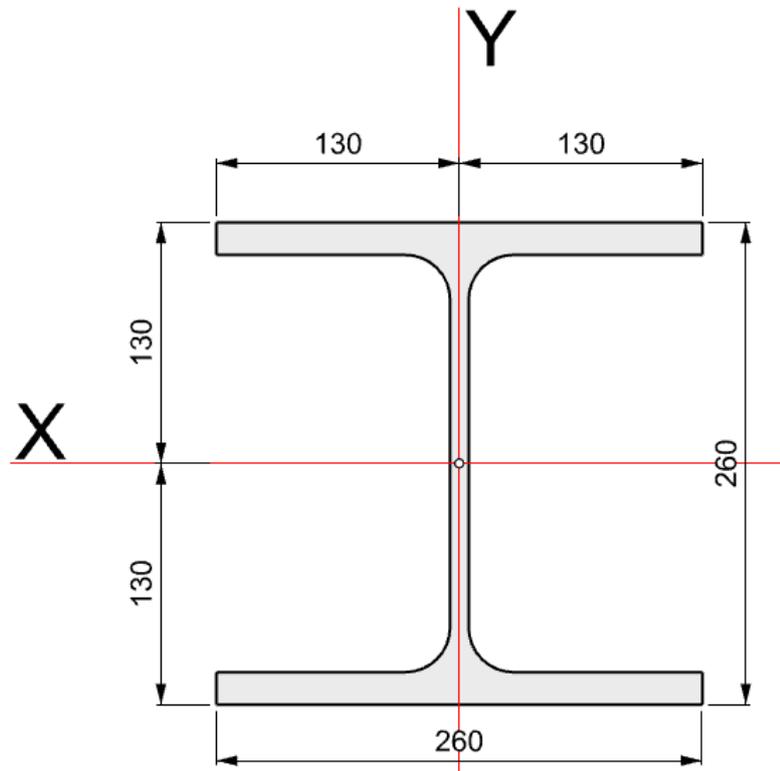
B

FOGLIO

10 di 119

4. Analisi delle sezioni

4.1 HEB260



HEB 260			
Parametri		Unità	
Area	A	118	cm ²
Inerzia	J _x	14919	cm ⁴
	y _{max}	13	cm
Modulo di resistenza	W _x	1147	cm ³
Inerzia	J _y	5134	cm ⁴
	x _{max}	13	cm
Modulo di resistenza	W _y	394	cm ³

Tabella 2 Parametri geometrici HEB 260

NOME DOCUMENTO

AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS -
STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA

E21D

LOTTO

00 D Z3

CODIFICA

RH

DOCUMENTO

FA4800106

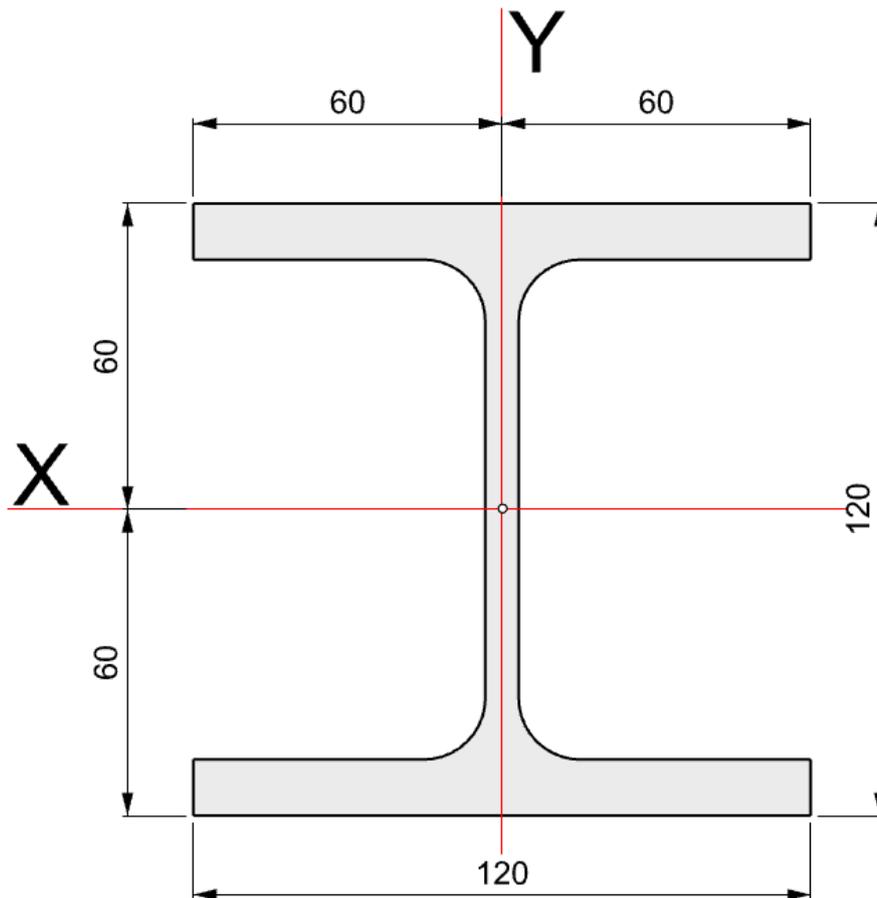
REV.

B

FOGLIO

11 di 119

4.2 HEB120



HEB 120			
Parametri		Unità	
Area	A	34	cm ²
Inerzia	J _x	864	cm ⁴
	y _{max}	6	cm
Modulo di resistenza	W _x	144	cm ³
Inerzia	J _y	317	cm ⁴
	x _{max}	6	cm
Modulo di resistenza	W _y	52.8	cm ³

Tabella 3 Parametri geometrici HEB 120

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">COMMESSA</td> <td style="width: 15%;">LOTTO</td> <td style="width: 15%;">CODIFICA</td> <td style="width: 15%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 15%;">REV.</td> <td style="width: 15%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">E21D</td> <td style="text-align: center;">00 D Z3</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">FA4800106</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">12 di 119</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	12 di 119
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	12 di 119								

5. Carichi

Peso proprio degli elementi componenti la struttura (G1):

- Calcestruzzo armato = 25.0 [kN/m³];
- Elementi in acciaio = 78.5 [kN/m³].

Peso proprio degli elementi non strutturali (G2):

- Carico permanente portato (Copertura) **G2 = 0.50 [kN/m²]** così suddiviso:

Strati	carico
Pannello composito e sottostruttura [interno]	0.10 [kN / m ²]
Lamiera Grecata	0.08 [kN / m ²]
Tavolato	0.22 [kN / m ²]
Pannello composito e sottostruttura [esterno]	0.10 [kN / m ²]

Per i carichi variabili si rimanda ai paragrafi seguenti.

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">COMMESSA</th> <th style="text-align: center;">LOTTO</th> <th style="text-align: center;">CODIFICA</th> <th style="text-align: center;">DOCUMENTO</th> <th style="text-align: center;">REV.</th> <th style="text-align: center;">FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">E21D</td> <td style="text-align: center;">00 D Z3</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">FA4800106</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">13 di 119</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	13 di 119
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	13 di 119								

5.1 Carico neve (Q_1) (ex. § 3.4 N.T.C.18)

Il carico dovuto alla neve sulle coperture viene valutato secondo Normativa dalla seguente espressione:

$$q_s = \mu_i \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t$$

Dove:

- q_s è il carico neve sulla copertura;
- μ_i è il coefficiente di forma della copertura, nel caso in oggetto pari a 0.8;
- q_{sk} è il valore caratteristico di riferimento del carico neve al suolo, pari a 1.0kN/m² per la zona di Genova;
- C_E è il coefficiente di esposizione, posto pari ad 1;
- C_t è il coefficiente termico, posto pari ad 1.

Il carico provocato dalla neve risulta pertanto essere pari a $q_s = 0.80[kN/m^2]$

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">COMMESSA</td> <td style="width: 15%;">LOTTO</td> <td style="width: 15%;">CODIFICA</td> <td style="width: 15%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 15%;">REV.</td> <td style="width: 15%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">E21D</td> <td style="text-align: center;">00 D Z3</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">FA4800106</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">14 di 119</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	14 di 119
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	14 di 119								

5.2 Carico vento (Q_3) (ex. § 3.3 N.T.C.18)

La pressione del vento è data dalla seguente espressione:

$$p = q_b \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$$

Considerando come D la classe di rugosità del terreno, si determina una categoria II di esposizione del sito.

Zona 7	$v_{b,0} = 28 [m/s]$	$a_0 = 1000 [m]$	$k_a = 0.54 [1/s]$
Categoria sito II	$k_r = 0.19$	$z_0 = 0.05 [m]$	$z_{\min} = 4 [m]$

Tabella 4 Parametri modellazione azione del vento

Dati questi parametri di input, si determinano i coefficienti dell'espressione vista sopra.

- q_b è la pressione cinetica di riferimento, pari a $q_b = \frac{1}{2} \rho v_b^2 = 50 [kg/m^2]$

dove:

- ρ è la densità dell'aria assunta pari a 1.25 kg/mc;
- v_b è la velocità di riferimento del vento, pari a 28m/s
- c_e è il coefficiente di esposizione, pari a $c_e(z) = c_e(z_{\min}) = 1.8$ [determinabile graficamente dall'immagine sottostante]

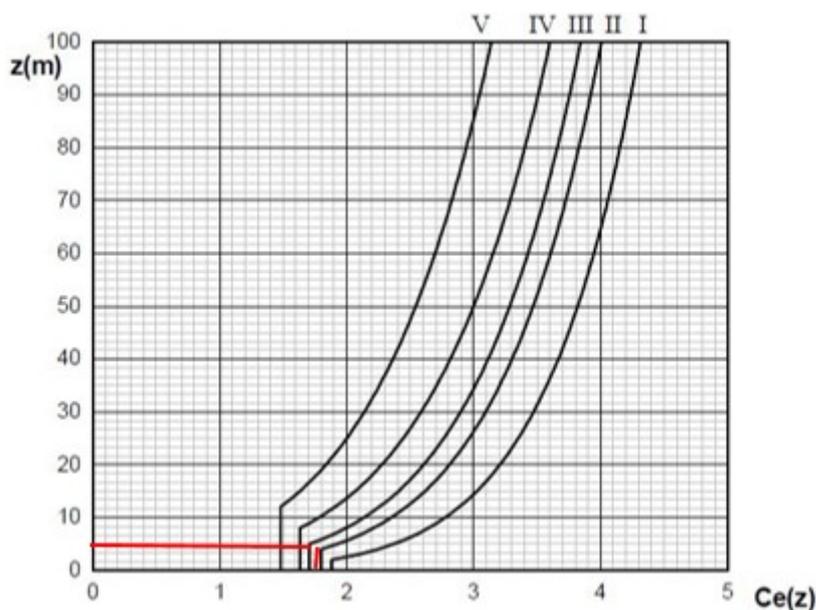


Figura 3 Coefficiente di esposizione

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS - STRUTTURE: RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">E21D</td> <td style="text-align: center;">00 D Z3</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">FA4800106</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">15 di 119</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	15 di 119
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	15 di 119								

La pressione del vento che si determina è pertanto pari a:

$$p = q_b \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d = 0.9 [kN / m^2]$$

Il comportamento aerodinamico degli edifici e in particolare delle tettoie a semplice falda, viene analizzato in accordo con il paragrafo G.6.1 (CNR-DT207-2008). La tabella sottostante riporta i valori dei coefficienti di forza per le tettoie a semplice falda con vento agente perpendicolarmente alla linea di colmo.

Tabella G.XII – Coefficienti di forza per tettoie a semplice falda (α in $^\circ$).

Valori positivi	Tutti i valori di φ	$c_F = +0,2 + \alpha/30$
Valori negativi	$\varphi = 0$ $\varphi = 1$	$c_F = -0,5 - 1,3 \cdot \alpha/30$ $c_F = -1,4$

Tabella 5 Coefficienti di forza

Il grado di bloccaggio ' φ ' è assunto pari a 0.5. Con buona approssimazione si può infatti affermare come metà del volume al di sotto della pensilina sia ostruito da box, mentre l'altra metà sia libera.



Figura 4 Prospetto architettonico

Pertanto, per valori di φ compresi tra 0 ed 1 è ammessa un'interpolazione lineare.

$$c_f(0) = -0.5$$

$$c_f(1) = -1.4$$

$$c_f(0.5) = -0.95$$

[coefficiente di forza negativo]

$$c_f(0.5) = +0.2$$

[coefficiente di forza positivo]

Il carico vento sulla tettoia è da applicarsi con distribuzione lineare, la cui risultante è come riportato nella figura sottostante.

NOME DOCUMENTO

 AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS -
 STRUTTURE: RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA

E21D

LOTTO

00 D Z3

CODIFICA

RH

DOCUMENTO

FA4800106

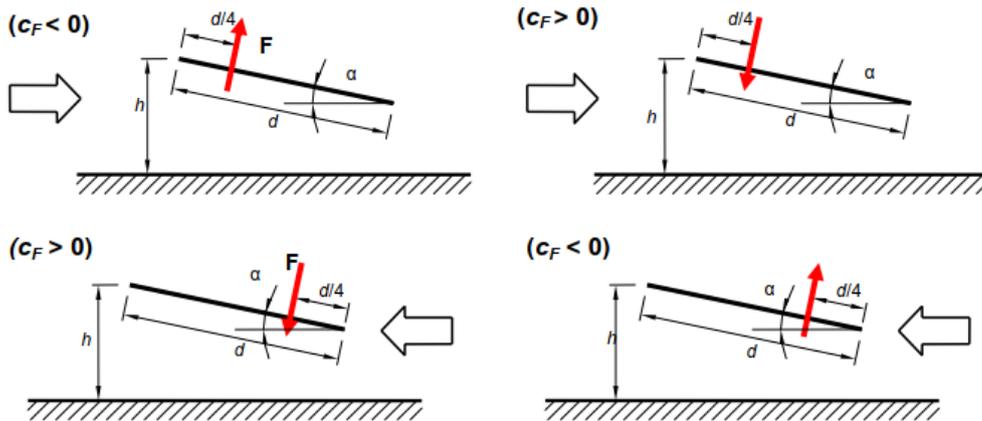
REV.

B

FOGLIO

16 di 119

Per il calcolo della tettoia si considerano le condizioni di carico più gravose tra le quattro indicate nella Figura G.27, dove la forza risultante $F = q_p(\bar{z}) \cdot L^2 \cdot c_F$ (Eqq. 3.13a,b,c) è applicata sopravvento ad una distanza pari a $d/4$ dal bordo investito dal flusso.


Figura 5 Applicazione carichi

$$q^- = p \cdot c_f^- = 0.85 [kN/m^2]$$

$$q^+ = p \cdot c_f^+ = 0.18 [kN/m^2]$$

5.3 Azione della temperatura (Q₄) (ex. § 3.5.5 N.T.C.18)

Per la struttura in oggetto si considera una componente di ΔT come azione sollecitante. Il valore viene assunto basandosi sulla tabella qui sotto riportata.

Tab. 3.5.II – Valori di ΔT_u per gli edifici

Tipo di struttura	ΔT_u
Strutture in c.a. e c.a.p. esposte	$\pm 15^\circ C$
Strutture in c.a. e c.a.p. protette	$\pm 10^\circ C$
Strutture in acciaio esposte	$\pm 25^\circ C$
Strutture in acciaio protette	$\pm 15^\circ C$

Tabella 6 Valori di ΔT

$$\Delta T = \pm 25^\circ C$$

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4800106</td> <td>B</td> <td>17 di 119</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	17 di 119
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	17 di 119								

5.4 Carico da manutenzione

In accordo con le NTC '18 (tabella 3.1.II) si assume un carico da manutenzione uniformemente distribuito pari a:

$$q(M) = 0.50[kN / m^2]$$

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS - STRUTTURE: RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">E21D</td> <td style="text-align: center;">00 D Z3</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">FA4800106</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">18 di 119</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	18 di 119
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	18 di 119								

5.5 Azione sismica

L'opera oggetto di studio è situata a Genova. Di seguito si riportano i dati utilizzati ed i risultati ottenuti per l'elaborazione degli spettri di risposta, calcolati in direzione orizzontale e verticale per lo stato limite di danno (SLD) e per lo stato limite di salvaguardia della vita (SLV).

- VITA NOMINALE DELL'OPERA, CLASSI D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO (ex. § 2.4 N.T.C.)

$V_N \geq 50$ anni : Vita nominale di opere ordinarie.

Classe II : Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti (come definito al paragrafo 2.4.2 delle NTC '18);

V_R : Periodo di riferimento.

C_U : Coefficiente d'uso.

Classe II $\Rightarrow C_U = 1.0$

$$V_R = V_N \cdot C_U = 50 \cdot 1.0 = 50[\text{anni}]$$

- VALORI DI a_g, F_0, T_C^* PER PERIODO DI RITORNO T_R

a_g : Accelerazione orizzontale attesa massima al suolo

F_0 : Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro di acc. orizzontale

T_C^* : Periodo di inizio del tratto a velocità cost. dello spettro di acc. orizzontale

P_{VR} : Probabilità di superamento

T_R : Periodo di ritorno

Tab. 3.2.I – Probabilità di superamento P_{VR} in funzione dello stato limite considerato

Stati Limite	P_{VR} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R	
	Stati limite di esercizio	SLO
SLD		63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Tabella 7 Probabilità di superamento al variare dello stato limite considerato (ex. § 3.2.1 NTC 18).

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">COMMESSA</th> <th style="width: 15%;">LOTTO</th> <th style="width: 15%;">CODIFICA</th> <th style="width: 15%;">DOCUMENTO</th> <th style="width: 10%;">REV.</th> <th style="width: 10%;">FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">E21D</td> <td style="text-align: center;">00 D Z3</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">FA4800106</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">19 di 119</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	19 di 119
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	19 di 119								

- CATEGORIA DEL SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE (ex. § 3.2.2 N.T.C.)

Categoria “C”

Categoria topografica “T1” : superficie pianeggiante

- VALUTAZIONE DELL’AZIONE SISMICA – SPETTRI DI RISPOSTA

Gli spettri di risposta considerati nel calcolo sono stati ottenuti con il programma di calcolo fornito dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici. Tale programma permette di ottenere gli spettri di risposta orizzontali e verticali per ogni tipo di stato limite. Per l’opera in oggetto è stato considerato lo stato limite di danno (SLD) e di salvaguardia della vita (SLV).

Parametri considerati (ex. § 3.2.3 NTC 18):

$\xi = 5\%$: Smorzamento
 $\eta = \sqrt{10/(5+\xi)} = \sqrt{10/(5+5)} = 1$: Fattore di alterazione dello spettro
 q : Fattore di comportamento

- **Procedimento di calcolo del fattore di comportamento q (ex. § 7.3 NTC 18):**

L’intera struttura viene assunta a carattere strutturale NON DISSIPATIVO.

In accordo con quanto definito con il paragrafo 7.3 delle Norme Tecniche vigenti, per gli stati limite SLD ed SLV il limite massimo del fattore di comportamento è pari a 1.5. Per lo stato limite SLO il limite è 1.0.

A favore di sicurezza, si assume un fattore di sicurezza unitario.

Il sisma è stato introdotto nel modello agli elementi finiti nelle tre direzioni principali x, y e z secondo i seguenti spettri di risposta. Tali spettri sono poi moltiplicati nel modello di calcolo per l’accelerazione di gravità “ g ”.

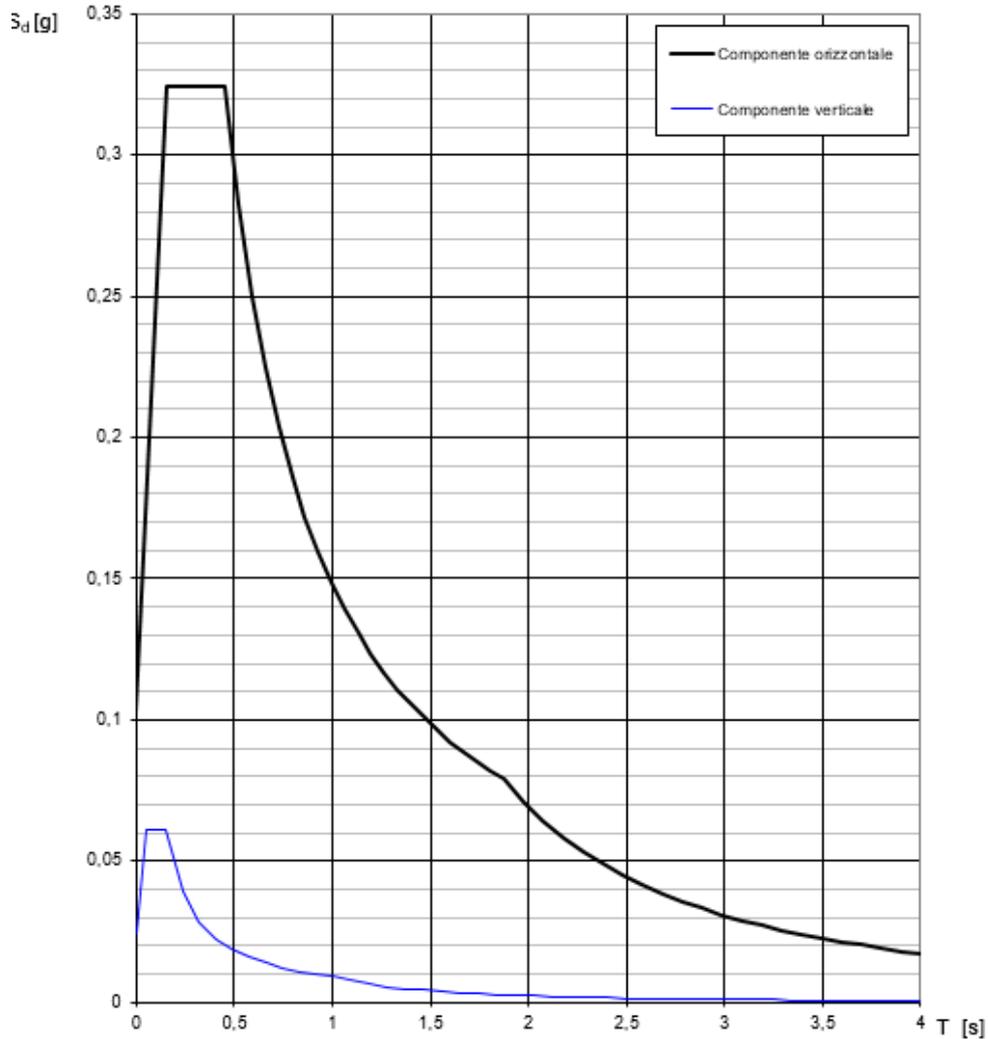
NOME DOCUMENTO

AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS -
STRUTTURE: RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	20 di 119

SPETTRI DI RISPOSTA

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato li SLV



La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Tabella 8 Spettro di risposta elastico orizzontale e verticale - SLV

NOME DOCUMENTO

AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS -
STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	21 di 119

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato SLV

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0,068 g
F_0	2,536
T_C	0,287 s
S_S	1,500
C_C	1,585
S_T	1,000
q	0,800

Parametri dipendenti

S	1,500
η	1,250
T_B	0,152 s
T_C	0,455 s
T_D	1,873 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10 / (5 + \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_e(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,102
T_B	0,152	0,325
T_C	0,455	0,325
	0,523	0,283
	0,590	0,250
	0,658	0,225
	0,725	0,204
	0,793	0,186
	0,860	0,172
	0,928	0,159
	0,995	0,148
	1,063	0,139
	1,130	0,131
	1,198	0,123
	1,265	0,117
	1,333	0,111
	1,400	0,105
	1,468	0,101
	1,535	0,096
	1,603	0,092
	1,671	0,088
	1,738	0,085
	1,806	0,082
T_D	1,873	0,079
	1,974	0,071
	2,076	0,064
	2,177	0,058
	2,278	0,053
	2,380	0,049
	2,481	0,045
	2,582	0,042
	2,683	0,038
	2,785	0,036
	2,886	0,033
	2,987	0,031
	3,088	0,029
	3,190	0,027
	3,291	0,026
	3,392	0,024
	3,494	0,023
	3,595	0,021
	3,696	0,020
	3,797	0,019
	3,899	0,018
	4,000	0,017

La verifica dell'adeguatezza del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dell

Tabella 9 Parametri spettro di risposta elastico orizzontale - SLV

NOME DOCUMENTO

AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS -
STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

E21D

00 D Z3

RH

FA4800106

B

22 di 119

Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato lin\$LV

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_{SLV}	0,024 g
S_S	1,000
S_T	1,000
q	1,000
T_B	0,050 s
T_C	0,150 s
T_D	1,000 s

Parametri dipendenti

F_v	0,835
S	1,000
η	1,000

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left(\frac{a_g}{g}\right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)

$$0 \leq T < T_B \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,024
T_B	0,050	0,061
T_C	0,150	0,061
	0,235	0,039
	0,320	0,029
	0,405	0,023
	0,490	0,019
	0,575	0,016
	0,660	0,014
	0,745	0,012
	0,830	0,011
	0,915	0,010
T_D	1,000	0,009
	1,094	0,008
	1,188	0,006
	1,281	0,006
	1,375	0,005
	1,469	0,004
	1,563	0,004
	1,656	0,003
	1,750	0,003
	1,844	0,003
	1,938	0,002
	2,031	0,002
	2,125	0,002
	2,219	0,002
	2,313	0,002
	2,406	0,002
	2,500	0,001
	2,594	0,001
	2,688	0,001
	2,781	0,001
	2,875	0,001
	2,969	0,001
	3,063	0,001
	3,156	0,001
	3,250	0,001
	3,344	0,001
	3,438	0,001
	3,531	0,001
	3,625	0,001
	3,719	0,001
	3,813	0,001
	3,906	0,001
	4,000	0,001

La verifica dell' idoneità del programma, l' utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall' utilizzo dello stesso.

NOME DOCUMENTO

AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS -
STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

E21D

00 D Z3

RH

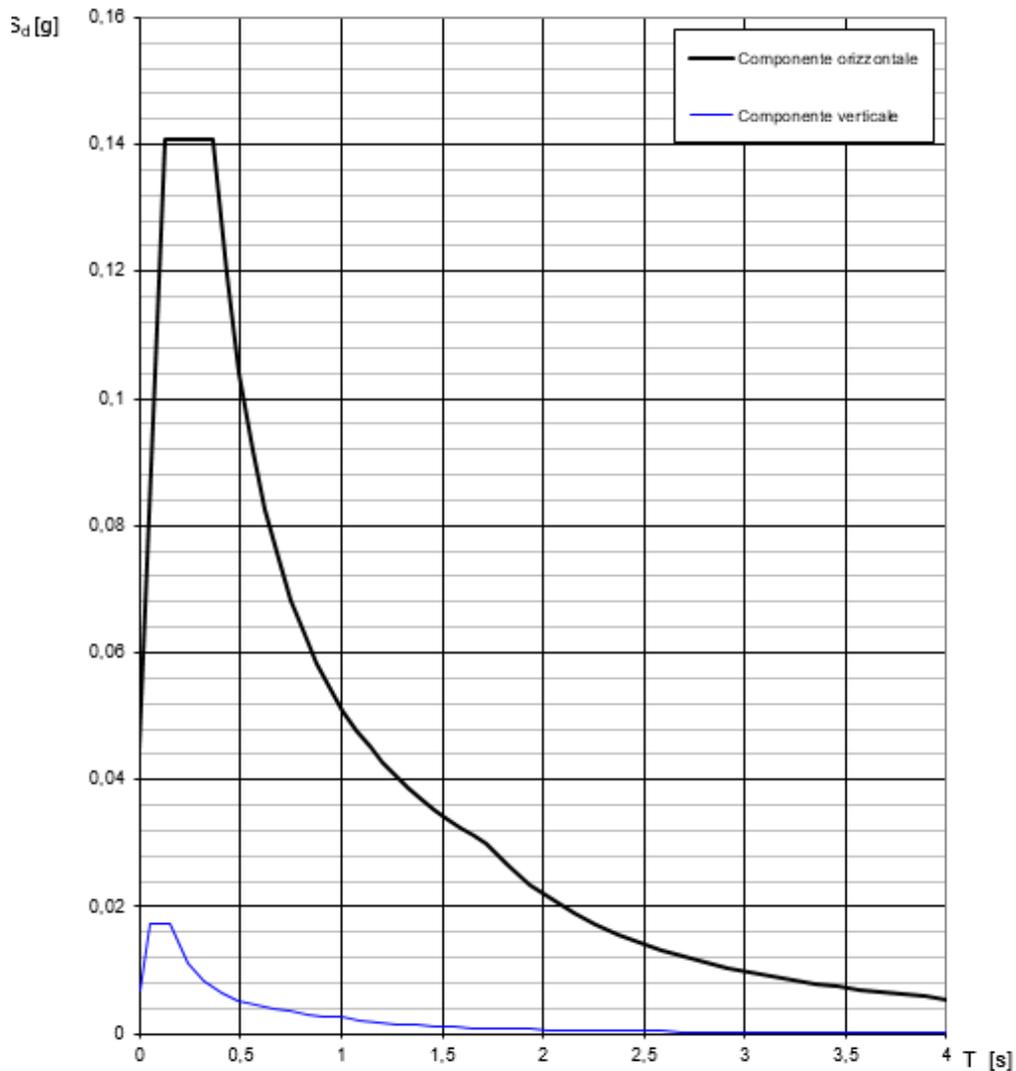
FA4800106

B

23 di 119

Tabella 10 Parametri spettro di risposta elastico verticale – SLV

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato li SLD



La verifica dell' idoneità del programma, l' utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell' utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall' utilizzo dello stesso.

Figura 6 Spettro di risposta elastico orizzontale – SLD

NOME DOCUMENTO

AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS -
STRUTTURE: RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	24 di 119

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato SLD

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLD
a_g	0,030 g
F_0	2,525
T_C	0,207 s
S_s	1,500
C_C	1,767
S_T	1,000
q	0,800

Parametri dipendenti

S	1,500
η	1,250
T_B	0,122 s
T_C	0,365 s
T_D	1,719 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10 \cdot (5 + \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_c(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,045
T_B	0,122	0,141
T_C	0,365	0,141
	0,430	0,120
	0,494	0,104
	0,559	0,092
	0,623	0,082
	0,687	0,075
	0,752	0,068
	0,816	0,063
	0,881	0,058
	0,945	0,054
	1,010	0,051
	1,074	0,048
	1,139	0,045
	1,203	0,043
	1,268	0,041
	1,332	0,039
	1,397	0,037
	1,461	0,035
	1,526	0,034
	1,590	0,032
	1,654	0,031
T_D	1,719	0,030
	1,828	0,026
	1,936	0,024
	2,045	0,021
	2,153	0,019
	2,262	0,017
	2,371	0,016
	2,479	0,014
	2,588	0,013
	2,697	0,012
	2,805	0,011
	2,914	0,010
	3,022	0,010
	3,131	0,009
	3,240	0,008
	3,348	0,008
	3,457	0,007
	3,566	0,007
	3,674	0,007
	3,783	0,006
	3,891	0,006
	4,000	0,006

La verifica dell' idoneità del programma, l' utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell' utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall' utilizzo dell'

Tabella 11 Parametri spettro di risposta elastico orizzontale – SLD

NOME DOCUMENTO

AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS -
STRUTTURE: RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

E21D

00 D Z3

RH

FA4800106

B

25 di 119

Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato lirSLD

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLD
a_{gv}	0,007 g
S_a	1,000
S_T	1,000
q	1,000
T_B	0,050 s
T_C	0,150 s
T_D	1,000 s

Parametri dipendenti

F_v	0,588
S	1,000
η	1,000

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_a \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_c \cdot \left(\frac{a_{gv}}{g}\right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)

$$0 \leq T < T_B \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_c} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T} \right)$$

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,007
T_B	0,050	0,017
T_C	0,150	0,017
	0,235	0,011
	0,320	0,008
	0,405	0,006
	0,490	0,005
	0,575	0,005
	0,660	0,004
	0,745	0,004
	0,830	0,003
	0,915	0,003
T_D	1,000	0,003
	1,094	0,002
	1,188	0,002
	1,281	0,002
	1,375	0,001
	1,469	0,001
	1,563	0,001
	1,656	0,001
	1,750	0,001
	1,844	0,001
	1,938	0,001
	2,031	0,001
	2,125	0,001
	2,219	0,001
	2,313	0,000
	2,406	0,000
	2,500	0,000
	2,594	0,000
	2,688	0,000
	2,781	0,000
	2,875	0,000
	2,969	0,000
	3,063	0,000
	3,156	0,000
	3,250	0,000
	3,344	0,000
	3,438	0,000
	3,531	0,000
	3,625	0,000
	3,719	0,000
	3,813	0,000
	3,906	0,000
	4,000	0,000

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Tabella 12 Parametri spettro di risposta elastico verticale – SLD

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">COMMESSA</th> <th style="text-align: left;">LOTTO</th> <th style="text-align: left;">CODIFICA</th> <th style="text-align: left;">DOCUMENTO</th> <th style="text-align: left;">REV.</th> <th style="text-align: left;">FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4800106</td> <td>B</td> <td>26 di 119</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	26 di 119
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	26 di 119								

5.5.1 *Determinazione manuale dei torcenti sismici convenzionali di piano (ex. § 7.2.6 NTC '18)*

Le attuali Norme Tecniche per le costruzioni, al paragrafo 7.2.6, richiedono di attribuire un'eccentricità accidentale al baricentro delle masse rispetto alla sua posizione originale, in modo da tener conto della variabilità spaziale del moto sismico, nonché di eventuali incertezze nella distribuzione delle masse. Questa eccentricità nella normativa viene assunta convenzionalmente pari al 5% della dimensione dell'edificio misurata perpendicolarmente alla direzione del sisma.

Le combinazioni con eccentricità accidentale vengono prese in considerazione aggiungendo un equivalente momento torcente di piano: questo viene determinato come il prodotto tra le forze statiche di piano e la suddetta eccentricità accidentale. Le forze statiche vengono valutate come forze di inerzia indotte dall'azione sismica, considerando le masse concentrate a livello degli impalcati. Nel modello di calcolo tale azione viene inserita sia con segno positivo sia con segno negativo in modo da massimizzare gli effetti sulla struttura.

Il centro di massa, in ogni direzione considerata, deve essere spostato di una distanza pari al 5% della dimensione dell'edificio in direzione perpendicolare all'azione sismica. A favore di sicurezza, si applicano ad entrambe le strutture i momenti torcenti di entità maggiore.

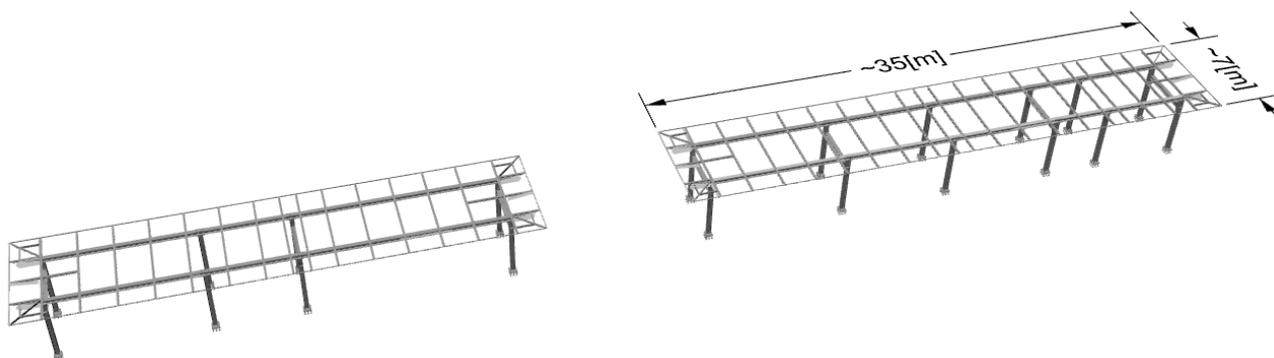


Figura 7 3d edificio

$$e_{ax} = \pm 0.05 \cdot 7 = \pm 0.35[m]$$

$$e_{ay} = \pm 0.05 \cdot 35 = \pm 1.75[m]$$

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS - STRUTTURE: RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">E21D</td> <td style="text-align: center;">00 D Z3</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">FA4800106</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">27 di 119</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	27 di 119
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	27 di 119								

Le forze statiche vengono determinate così come indicato al paragrafo 7.3.3.2 delle Norme Tecniche delle Costruzioni del 2018 (*analisi lineare statica*).

$$F_i = F_h \cdot z_i \cdot \frac{W_i}{\sum_j z_j W_j} \quad \text{Forze statiche di piano;} \quad (\text{ex. } \S 7.3.3.2 \text{ NTC 18})$$

$F_h = S_d(T_1) \cdot W \cdot \lambda_i / g$ è la forza di taglio alla base relativa al modo considerato;

F_i è la forza da applicare alla massa i-esima;

W_i e W_j sono i pesi, rispettivamente, della massa i e della massa j;

z_i e z_j sono le quote, rispetto al piano di fondazione, delle masse i e j;

La massa del piano di copertura viene valutata in ambito sismico secondo la seguente formulazione:

$$G_1 + G_2 + \sum_j \psi_{2j} Q_{kj}$$

dove i carichi permanenti non sono fattorizzati, mentre il coefficiente ψ_{2j} vale 0.0 per il carico neve, vento, temperatura e manutenzione.

Considerando un'area in pianta dell'edificio di circa 245m², si valuta la massa sismica per la copertura.

$$w_{\text{Copertura}} = G_1 + G_2 + \sum_j \psi_{2j} Q_{kj} \approx 120 + 130 = 250 [kN]$$

Impalcato	z (m)	Wi (kN)
Copertura	4.5	250

Tabella 10 Masse concentrate a livello degli impalcati in elevazione.

Cautelativamente si assume $S_d(T)$ pari al massimo valore dello spettro di risposta.

Copertura

$$F_h = S_d(T_1) \cdot W \cdot \lambda_i / g = 0.325 \cdot 250 \cdot 1 = 82 [kN] \quad \text{:SLV}$$

$$F_h = S_d(T_1) \cdot W \cdot \lambda_i / g = 0.141 \cdot 250 \cdot 1 = 35 [kN] \quad \text{:SLD}$$

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">COMMESSA</td> <td style="width: 15%;">LOTTO</td> <td style="width: 15%;">CODIFICA</td> <td style="width: 15%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 15%;">REV.</td> <td style="width: 15%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">E21D</td> <td style="text-align: center;">00 D Z3</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">FA4800106</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">28 di 119</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	28 di 119
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	28 di 119								

SLV

Sisma in direzione x		$S_d(T) = 0.325g$	
Impalcato	F _i (kN)	e _y (m)	Mt= F _i ·e _y (kNm)
Copertura	82	±1.75	143

Sisma in direzione y		$S_d(T) = 0.507g$	
Impalcato	F _i (kN)	e _x (m)	Mt= F _i ·e _y (kNm)
copertura	82	±0.35	28.7

Tabella 11 Momenti torcenti di piano equivalenti ad un'eccentricità del 5% per le combinazioni allo SLV.

SLD

Sisma in direzione x		$S_d(T) = 0.141g$	
Impalcato	F _i (kN)	e _y (m)	Mt= F _i ·e _y (kNm)
Copertura	35	±1.75	6.125

Sisma in direzione y		$S_d(T) = 0.199g$	
Impalcato	F _i (kN)	e _x (m)	Mt= F _i ·e _y (kNm)
copertura	35	±0.35	12.25

Tabella 11 Momenti torcenti di piano equivalenti ad un'eccentricità del 5% per le combinazioni allo SLD.

I momenti torcenti determinati vengono applicati alla copertura della struttura e combinati con le altre azioni in gioco come definito nel capitolo seguente.

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">COMMESSA</th> <th style="width: 15%;">LOTTO</th> <th style="width: 15%;">CODIFICA</th> <th style="width: 15%;">DOCUMENTO</th> <th style="width: 15%;">REV.</th> <th style="width: 15%;">FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">E21D</td> <td style="text-align: center;">00 D Z3</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">FA4800106</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">29 di 119</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	29 di 119
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	29 di 119								

5.6 Combinazione dei carichi

Ai fini delle verifiche degli stati limite i carichi sopra citati sono stati combinati nel seguente modo (ex. § 2.5.3 NTC 18):

- Combinazione quasi permanente (SLE):

$$G_1 + G_2 + P + \sum_{j=1}^n \psi_{2j} \cdot Q_{Kj}$$

- Combinazione fondamentale (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_Q \cdot \left[Q_{K1} + \sum_{j=2}^n \psi_{0j} \cdot Q_{Kj} \right]$$

- Combinazione caratteristica rara (SLE):

$$G_1 + G_2 + P + Q_{K1} + \left(\sum_{j=2}^n \psi_{0j} \cdot Q_{Kj} \right)$$

- Combinazione sismica (SLD - SLV):

$$E + G_1 + G_2 + P + \sum_{j=1}^n \psi_{2j} \cdot Q_{Kj}$$

dove: G_1 = carico permanente strutturale (peso proprio struttura)

G_2 = carico permanente non strutturale

Q_{Kj} = carico variabile: Q_{K1} = carico variabile primario

$Q_{K2}; Q_{K3} \dots$ = carichi variabili secondari

E = azione sismica

$\gamma_{Gi}; \gamma_{Qi}; \gamma_P$ = coefficienti parziali di sicurezza (ex. § 2.6.1 NTC 18)

$\psi_{0j}; \psi_{1j}; \psi_{2j}$ = coefficienti di combinazione (ex. § 2.5.2 NTC 18)

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">COMMESSA</td> <td style="width: 15%;">LOTTO</td> <td style="width: 15%;">CODIFICA</td> <td style="width: 15%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 15%;">REV.</td> <td style="width: 15%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">E21D</td> <td style="text-align: center;">00 D Z3</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">FA4800106</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">30 di 119</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	30 di 119
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	30 di 119								

- Coefficienti parziali per i carichi di esercizio:

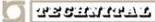
- $\gamma_{G1} = 1.3$: coefficiente per i carichi permanenti strutturali
 $\gamma_{G2} = 1.5$: coefficiente per i carichi permanenti non strutturali
 $\gamma_{Qi} = 1.5$: coefficiente per i carichi variabili - SLU

- coefficiente per i carichi variabili ψ_i :

Tab. 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione

Categoria/Azione variabile	Ψ_0	Ψ_{1j}	Ψ_2
Categoria A - Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B - Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C - Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D - Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E – Aree per immagazzinamento, uso commerciale e uso industriale Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F - Rimesse , parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G – Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H - Coperture accessibili per sola manutenzione	0,0	0,0	0,0
Categoria I – Coperture praticabili	da valutarsi caso per caso		
Categoria K – Coperture per usi speciali (impianti, eliporti, ...)			
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

Tabella 13 Valori dei coefficienti di combinazione

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE   Engineering and Technical Services S.p.A.  ARCHITETTI ASSOCIATI	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4800106</td> <td>B</td> <td>31 di 119</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	31 di 119
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	31 di 119								

COMBINAZIONI	G1	G2	Q1 _{neve}	Q2 _{man.}	Q3 _{vento}	Q4 _{ΔT}	EX	EY	EZ	Mt(+/-)
Comb. 1 - SLU _{NEVE}	1.3	1.5	1.5	0.0	0.9	0.9	/	/	/	/
Comb. 2 - SLU _{MANUTENZIONE}	1.3	1.5	0.75	1.5	0.9	0.9	/	/	/	/
Comb. 3 - SLU _{VENTO}	1.3	1.5	0.75	0.0	1.5	0.9	/	/	/	/
Comb. 4 - SLU _{ΔT}	1.3	1.5	0.75	0.0	0.9	1.5	/	/	/	/
Comb. 5 - SLE _{NEVE}	1.0	1.0	1.0	0.0	0.6	0.6	/	/	/	/
Comb. 6 - SLE _{MANUTENZIONE}	1.0	1.0	0.5	1.0	0.6	0.6	/	/	/	/
Comb. 7 - SLE _{VENTO}	1.0	1.0	0.5	0.0	1.0	0.6	/	/	/	/
Comb.8 - SLE _{ΔT}	1.0	1.0	0.5	0.0	0.6	1.0	/	/	/	/
Comb. 9 - Quasi perm.	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	/	/	/	/
Comb. 10 - SLV X + ecc ^{+/-}	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.3	0.3	1.0
Comb. 11 - SLV Y + ecc ^{+/-}	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	1.0	0.3	1.0
Comb. 12 - SLV Z + ecc ^{+/-}	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.3	1.0	1.0
Comb. 13 - SLD X + ecc ^{+/-}	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.3	0.3	1.0
Comb. 14 - SLD Y + ecc ^{+/-}	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	1.0	0.3	1.0
Comb. 15 - SLD Z + ecc ^{+/-}	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.3	1.0	1.0

Tabella 14 Combinazioni di carico

Per ottenere un controllo più agevole sui risultati del calcolo sono stati introdotti gli involuipi delle combinazioni esaminate:

INVILUPPO	COMBINAZIONI
SLU	Comb.1 + Comb.2 + Comb.3 + Comb.4
SLE	Comb.5 + Comb.6 + Comb.7 + Comb.8
SLV	Comb.10 + Comb.11 + Comb.12
SLD	Comb.13 + Comb.14 + Comb.15

Tabella 15 Inviluppo delle combinazioni di carico

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4800106</td> <td>B</td> <td>32 di 119</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	32 di 119
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	32 di 119								

6. Modello di calcolo

Il modello di calcolo del capolinea in oggetto è realizzato da elementi tipo 'frame' per simulare le travi e i pilastri in acciaio. Per quanto riguarda la copertura, si adottano elementi tipo 'shell' privi di rigidezza, col solo compito di distribuire in maniera uniforme i carichi in gioco.

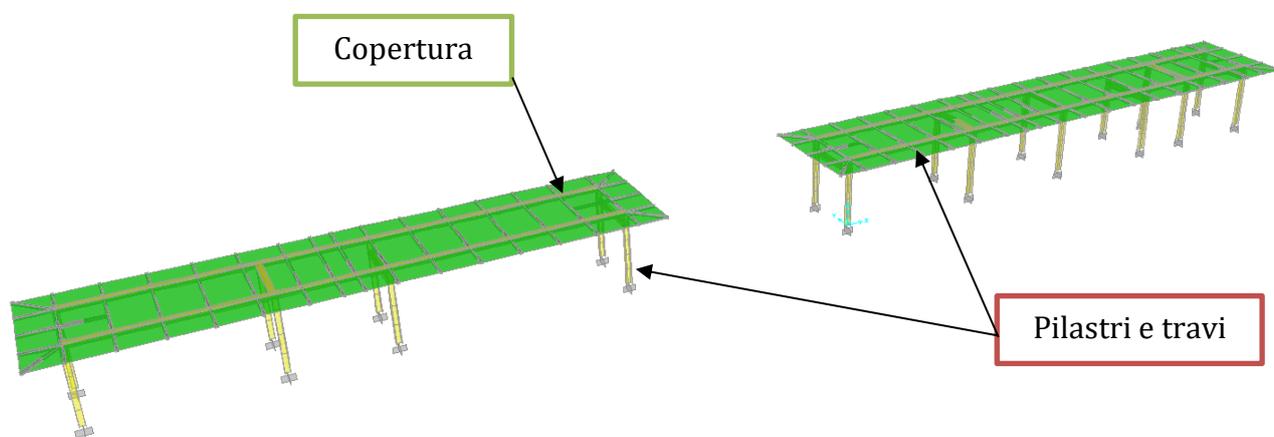


Figura 8 Modello di calcolo carpenteria metallica

Il carico di neve e quello di manutenzione si applicano in maniera uniformemente distribuita sulla copertura, come si evince dall'immagine sottostante.

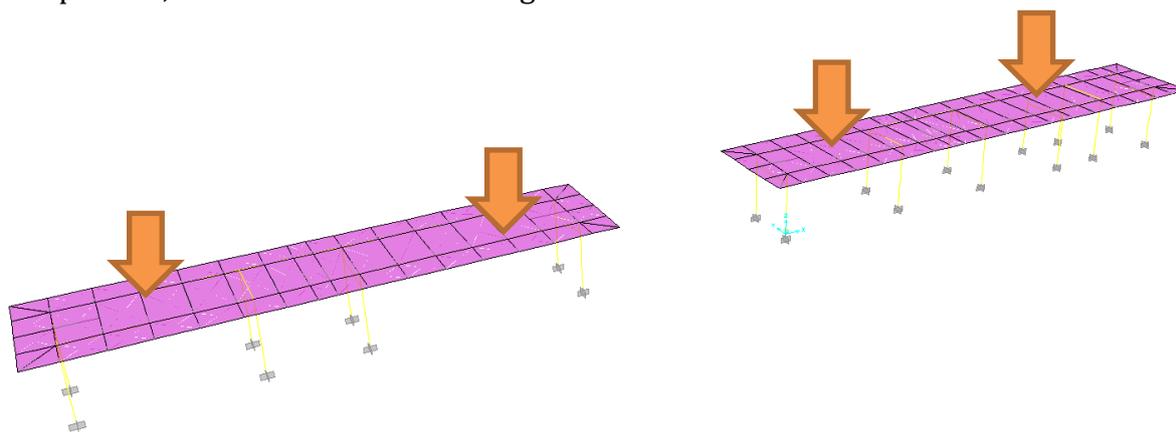


Figura 9 Applicazione carico neve e manutenzione

Il carico vento è invece applicato come riportato in Figura 5.

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4800106</td> <td>B</td> <td>33 di 119</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	33 di 119
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	33 di 119								

7. Analisi dinamica

In prima istanza è necessario valutare il comportamento dinamico della struttura. In accordo con il paragrafo 7.3.3.1 delle NTC'18, l'utilizzo di un'analisi lineare dinamica per la valutazione delle azioni sismiche (analisi modale) richiede di considerare una massa totale partecipante almeno pari all'85% di quella sismica globale. Pertanto, si riportano nel seguito i modi di vibrare della struttura che vengono considerati.

Modo	Periodo	UX	UY	RZ	SumUX	SumUY	SumRZ
N°	[s]	%/100	%/100	%/100	%/100	%/100	%/100
1	0,35	0,00	0,14	0,10	0,0%	14,0%	9,6%
2	0,26	0,00	0,31	0,05	0,0%	45,0%	15,0%
3	0,24	0,00	0,21	0,42	0,0%	66,0%	57,0%
4	0,21	0,00	0,03	0,08	0,0%	69,0%	65,0%
5	0,19	0,36	0,00	0,00	36,0%	69,0%	65,0%
6	0,18	0,00	0,18	0,20	36,0%	87,0%	85,0%
7	0,16	0,56	0,00	0,00	93,0%	87,0%	85,0%
8	0,15	0,00	0,07	0,08	93,0%	94,0%	93,0%
9	0,12	0,01	0,00	0,00	94,0%	94,0%	93,0%
10	0,10	0,00	0,02	0,02	94,0%	95,0%	95,0%
11	0,09	0,00	0,01	0,01	94,0%	96,0%	96,0%
12	0,06	0,02	0,00	0,00	96,0%	96,0%	96,0%

Tabella 16 Modi di vibrare e percentuale di massa partecipante

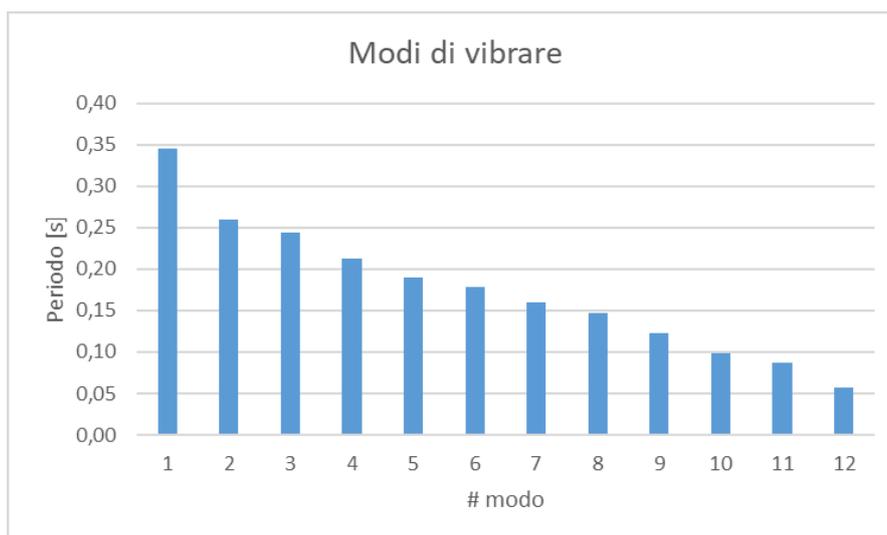


Tabella 17 Modi di vibrare

NOME DOCUMENTO

AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS -
STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	34 di 119

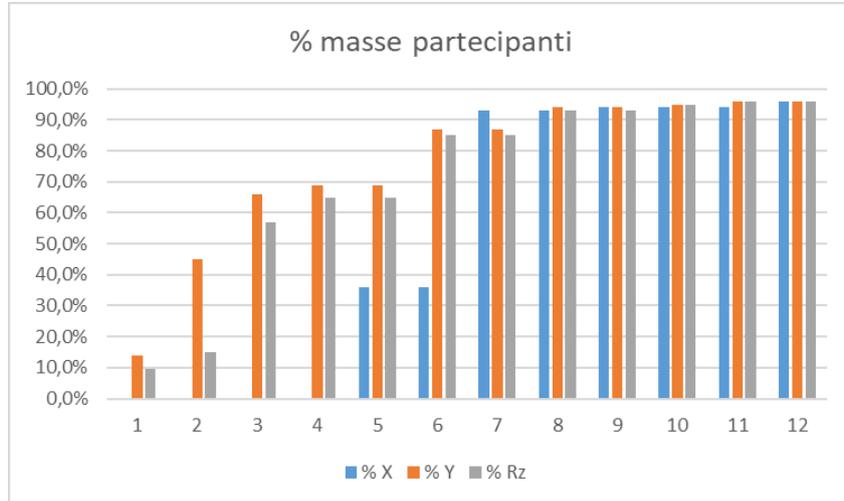


Tabella 18 Percentuali di massa partecipante

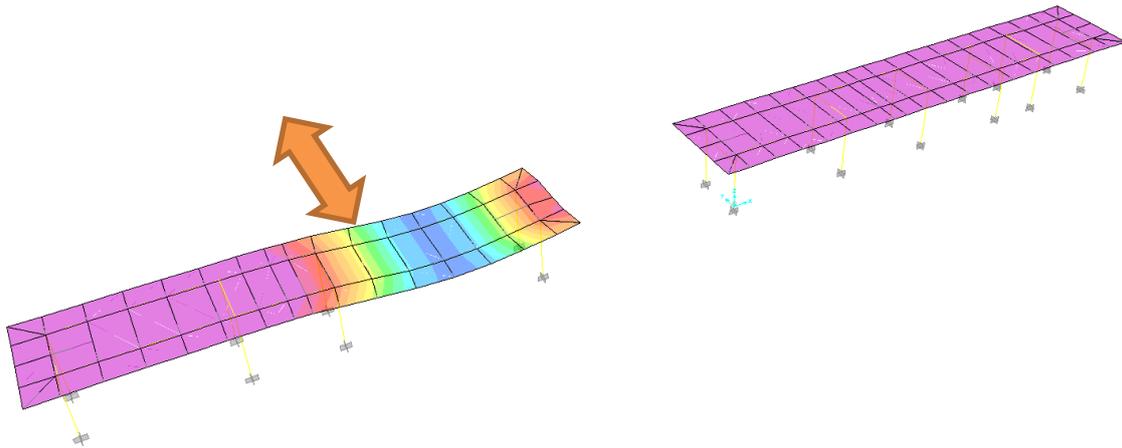


Figura 10 Primo modo di vibrare

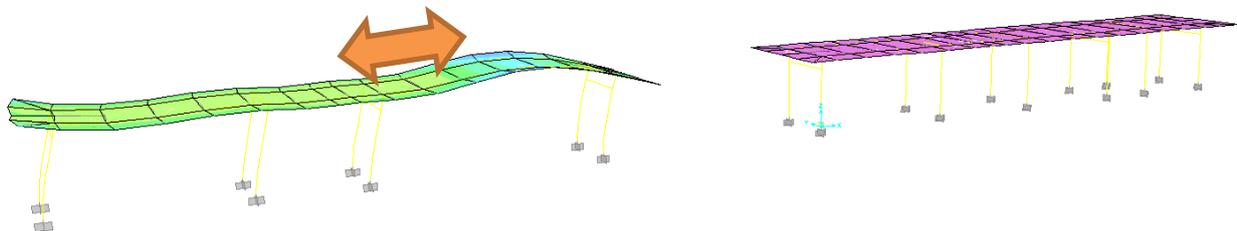


Figura 11 Quinto modo di vibrare

NOME DOCUMENTO

 AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS -
STRUTTURE: RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA

E21D

LOTTO

00 D Z3

CODIFICA

RH

DOCUMENTO

FA4800106

REV.

B

FOGLIO

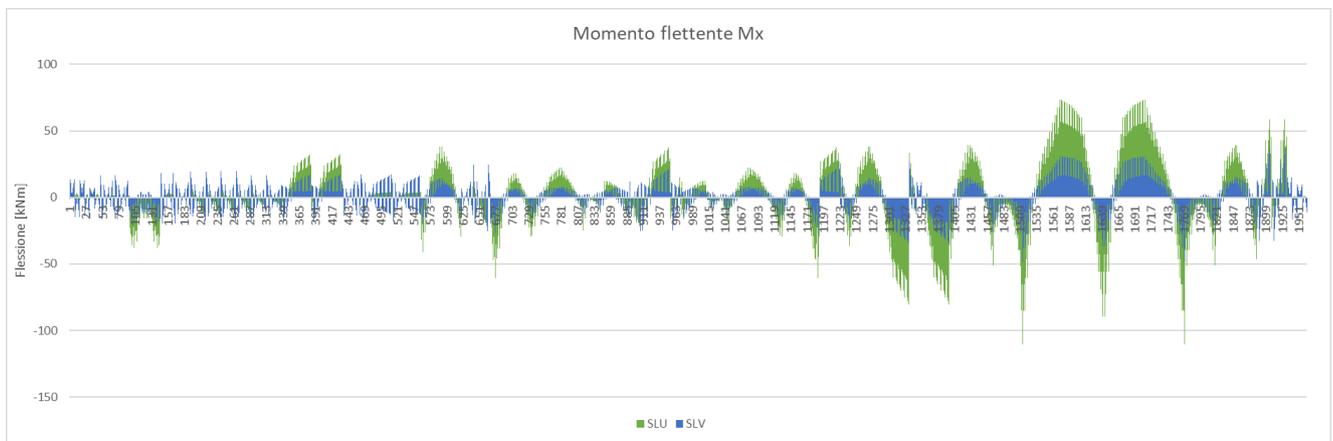
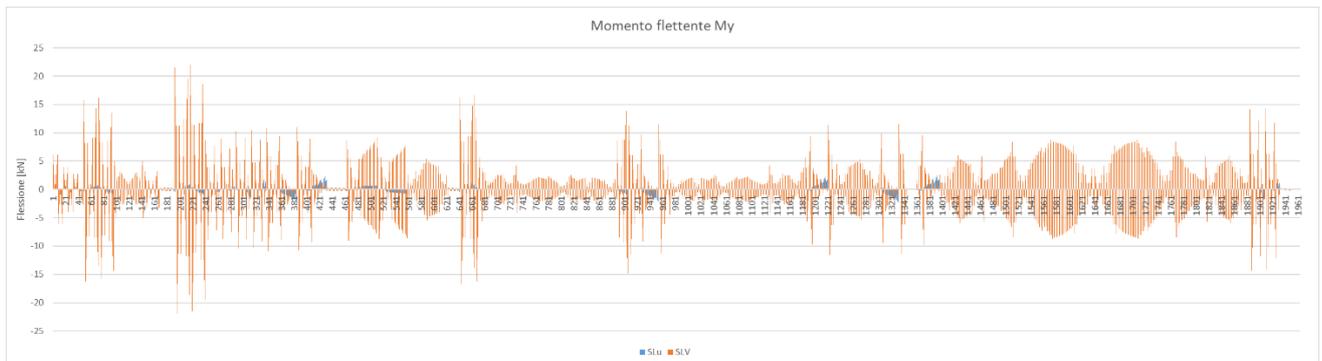
35 di 119

8. Verifiche di resistenza - carpenteria metallica

Nel seguito si riportano le verifiche di resistenza di tutti gli elementi strutturali.

8.1 Profilo HEB 260

Nelle seguenti tabelle si riportano le sollecitazioni ottenute dall'involuppo delle due combinazioni di carico che si assumono per la verifica dei profili metallici: SLU ed SLV.


Tabella 19 Flessione Mx

Tabella 20 Flessione My

NOME DOCUMENTO

AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS -
STRUTTURE: RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA

E21D

LOTTO

00 D Z3

CODIFICA

RH

DOCUMENTO

FA4800106

REV.

B

FOGLIO

36 di 119

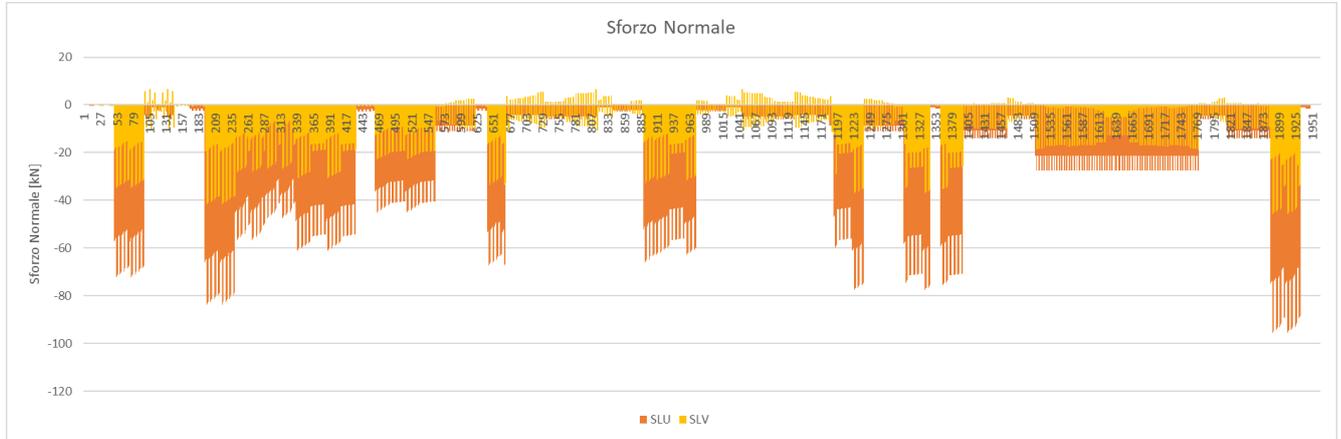


Tabella 21 Sforzo normale

Ai fini della verifica dei profili in oggetto, si assume il seguente criterio di verifica.

$$\sigma = \frac{M_x}{w_x} + \frac{M_y}{w_y} + \frac{N}{A} < f_{yd}$$

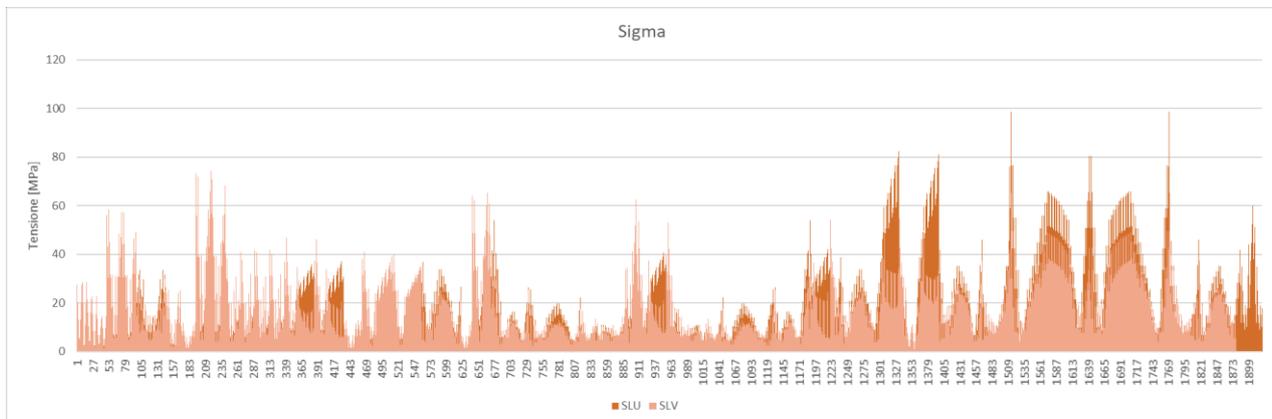
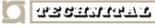


Tabella 22 Tensioni massime

Come si evince dal grafico sopra, le tensioni massime risultano inferiori alla tensione di progetto dell'acciaio S355 (si rimanda al paragrafo 3.3 per le caratteristiche meccaniche dell'acciaio). Pertanto si può affermare come le verifiche tensionali per il profilo HEB 260 risultino soddisfatte.

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE   	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS - STRUTTURE: RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">COMMESSA</th> <th style="width: 15%;">LOTTO</th> <th style="width: 15%;">CODIFICA</th> <th style="width: 15%;">DOCUMENTO</th> <th style="width: 15%;">REV.</th> <th style="width: 15%;">FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">E21D</td> <td style="text-align: center;">00 D Z3</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">FA4800106</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">37 di 119</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	37 di 119
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	37 di 119								

8.1.1 Verifica di instabilità

Per le sole colonne si effettua una verifica di instabilità. Per le travi di copertura non esiste possibilità di instabilità in quanto irrigidite e vincolate dal graticcio formato dalle travi secondarie HEB120.

A favore di sicurezza, si assumono i valori massimi di ciascuna delle tre sollecitazioni determinate sulla stessa sezione.

$$\frac{N_{Ed} \cdot \gamma_{M1}}{\chi_{\min} \cdot f_{yk} \cdot A} + \frac{M_{2,Ed} \cdot \gamma_{M1}}{f_{yk} \cdot W_2 \cdot \left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,2}}\right)} + \frac{M_{3,Ed} \cdot \gamma_{M1}}{f_{yk} \cdot W_3 \cdot \left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,3}}\right)} \leq 1.00$$

- Meccanismo di instabilità intorno all'asse X

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot EJ}{(l_0)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 2100000 \left[\text{kg} / \text{cm}^2 \right] \cdot 14919 \left[\text{cm}^4 \right]}{(400)^2 \left[\text{cm}^2 \right]} = 19300 \left[\text{kN} \right]$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_{yk}}{N_{cr}}} = 0.47$$

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha (\bar{\lambda} - 0.2) + \bar{\lambda}^2 \right] = 0.67$$

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = 0.86 < 1$$

NOME DOCUMENTO

 AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS -
 STRUTTURE: RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	38 di 119

- Meccanismo di instabilità intorno all'asse Y

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot EJ}{(l_0)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 2100000 \left[\text{kg} / \text{cm}^2 \right] \cdot 5134 \left[\text{cm}^4 \right]}{(400)^2 \left[\text{cm}^2 \right]} = 6643 \left[t \right]$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_{yk}}{N_{cr}}} = 0.79$$

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha (\bar{\lambda} - 0.2) + \bar{\lambda}^2 \right] = 0.96$$

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = 0.67$$

Massime sollecitazioni alla comb. SLU	N_{Ed}	$M_{y,Ed}$	$M_{x,Ed}$
	kN	kNm	kNm
Massima in valore ass.	95	21	110

$$\frac{N_{Ed} \cdot \gamma_{M1}}{\chi_{\min} \cdot f_{yk} \cdot A} + \frac{M_{2,Ed} \cdot \gamma_{M1}}{f_{yk} \cdot W_2 \cdot \left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,2}} \right)} + \frac{M_{3,Ed} \cdot \gamma_{M1}}{f_{yk} \cdot W_3 \cdot \left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,3}} \right)} = 0.04 + 0.29 + 0.16 = 0.48 \leq 1.00$$

[ok, verificato]

NOME DOCUMENTO

 AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS -
STRUTTURE: RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA

E21D

LOTTO

00 D Z3

CODIFICA

RH

DOCUMENTO

FA4800106

REV.

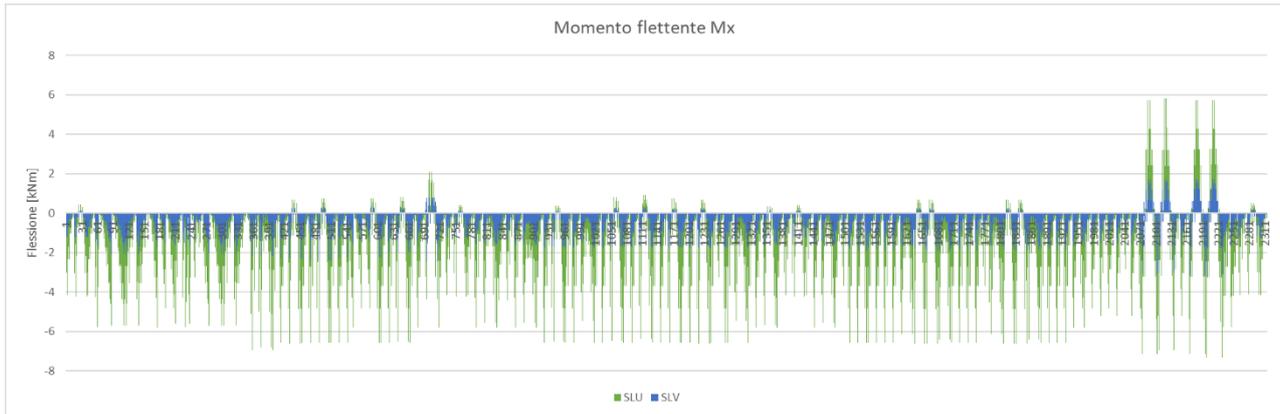
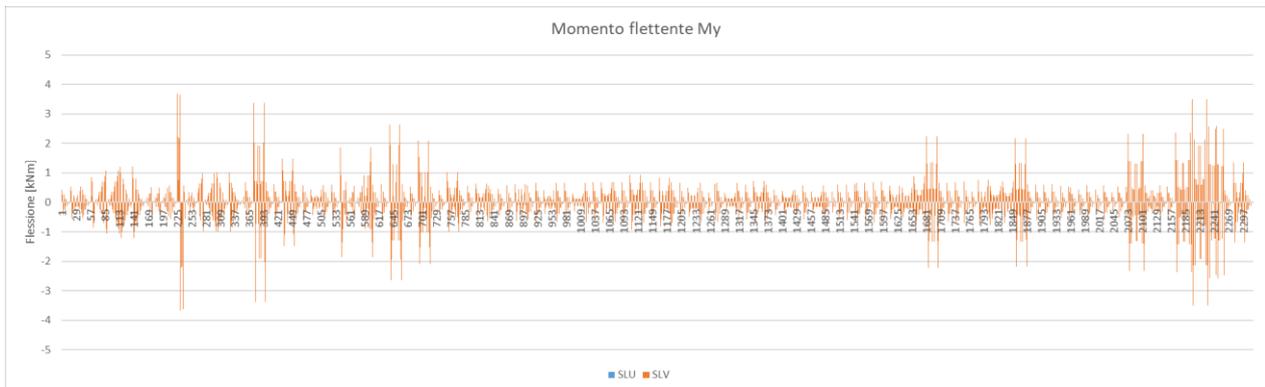
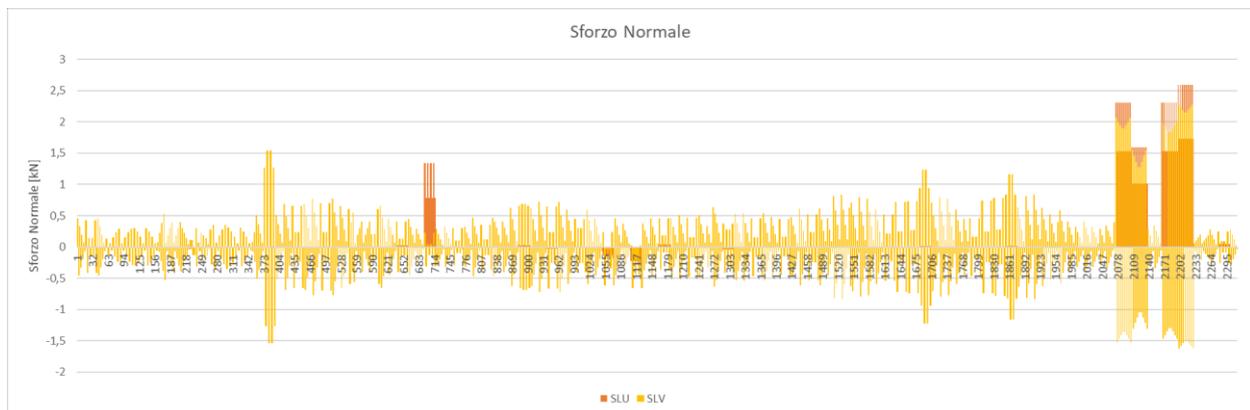
B

FOGLIO

39 di 119

8.2 Profilo HEB 120

Nelle seguenti tabelle si riportano le sollecitazioni ottenute dall'involuppo delle due combinazioni di carico che si assumono per la verifica dei profili metallici: SLU ed SLV.


Tabella 23 Flessione Mx

Tabella 24 Flessione My

Tabella 25 Sforzo normale

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">COMMESSA</th> <th style="text-align: center;">LOTTO</th> <th style="text-align: center;">CODIFICA</th> <th style="text-align: center;">DOCUMENTO</th> <th style="text-align: center;">REV.</th> <th style="text-align: center;">FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">E21D</td> <td style="text-align: center;">00 D Z3</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">FA4800106</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">40 di 119</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	40 di 119
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	40 di 119								

Ai fini della verifica dei profili in oggetto, si assume il seguente criterio di verifica.

$$\sigma = \frac{M_x}{w_x} + \frac{M_y}{w_y} + \frac{N}{A} < f_{yd}$$

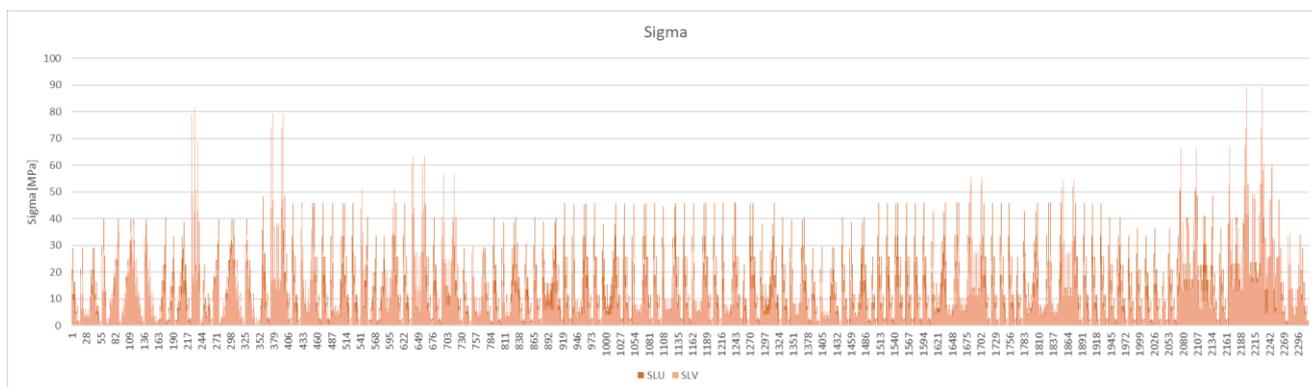


Tabella 26 Tensioni massime

Come si evince dal grafico sopra, le tensioni massime risultano inferiori alla tensione di progetto dell'acciaio S355 (si rimanda al paragrafo 3.3 per le caratteristiche meccaniche dell'acciaio). Pertanto si può affermare come le verifiche tensionali per il profilo HEB 120 risultino soddisfatte.

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS - STRUTTURE: RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4800106</td> <td>B</td> <td>41 di 119</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	41 di 119
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	41 di 119								

9. Verifiche di deformazione verticale

In esercizio, combinazione di carico SLE, è possibile determinare il massimo spostamento verticale della copertura.

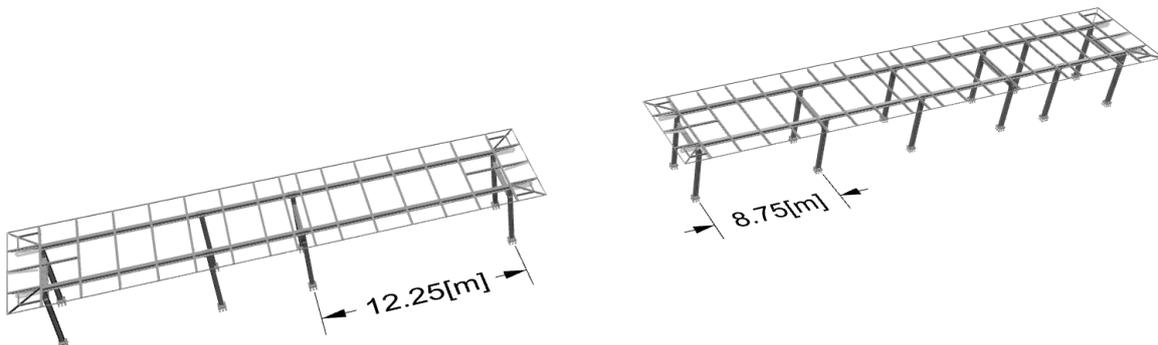
Per coperture in generale, il limite imposto da Normativa è pari a $L/200$. Nel caso in oggetto la luce 'L' viene assunta pari alla massima distanza fra i pilastri.

Tab. 4.2.XII - Limiti di deformabilità per gli elementi di impalcato delle costruzioni ordinarie

Elementi strutturali	Limiti superiori per gli spostamenti verticali	
	$\frac{\delta_{max}}{L}$	$\frac{\delta_2}{L}$
Coperture in generale	$\frac{1}{200}$	$\frac{1}{250}$
Coperture praticabili	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{300}$
Solai in generale	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{300}$
Solai o coperture che reggono intonaco o altro materiale di finitura fragile o tramezzi non flessibili	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{350}$
Solai che supportano colonne	$\frac{1}{400}$	$\frac{1}{500}$
Nei casi in cui lo spostamento può compromettere l'aspetto dell'edificio	$\frac{1}{250}$	

In caso di specifiche esigenze tecniche e/o funzionali tali limiti devono essere opportunamente ridotti.

Tabella 27 Limite di deformabilità



$$\delta_{\max-1} = 1225 / 200 = 6.1[cm]$$

$$\delta_{\max-2} = 875 / 200 = 4.3[cm]$$

(ok, verificato)

NOME DOCUMENTO

AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS -
STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA

E21D

LOTTO

00 D Z3

CODIFICA

RH

DOCUMENTO

FA4800106

REV.

B

FOGLIO

42 di 119

COMB.5 – SLE neve

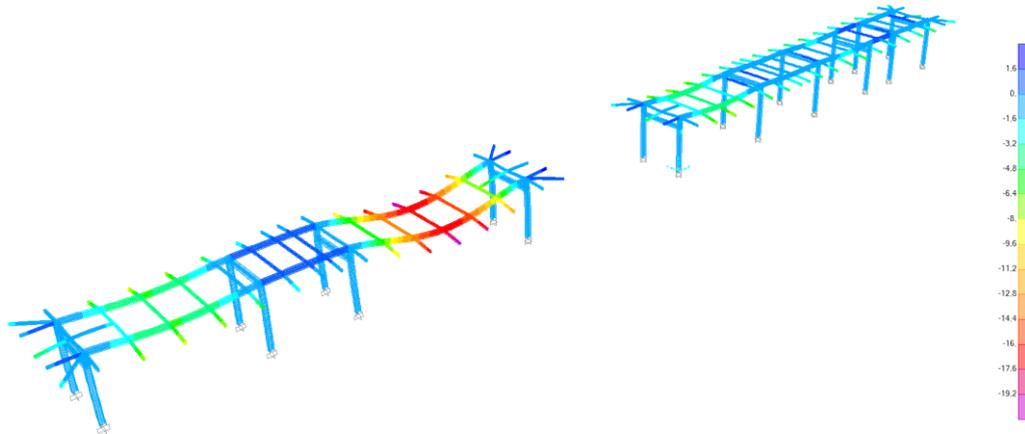


Figura 12 Deformazione verticale [mm]

$$\delta_{comb-1} = 19[mm] < \delta_{max-1}$$

[ok, verificato]

$$\delta_{comb-2} = 8[mm] < \delta_{max-2}$$

[ok, verificato]

COMB.6 – SLE manutenzione

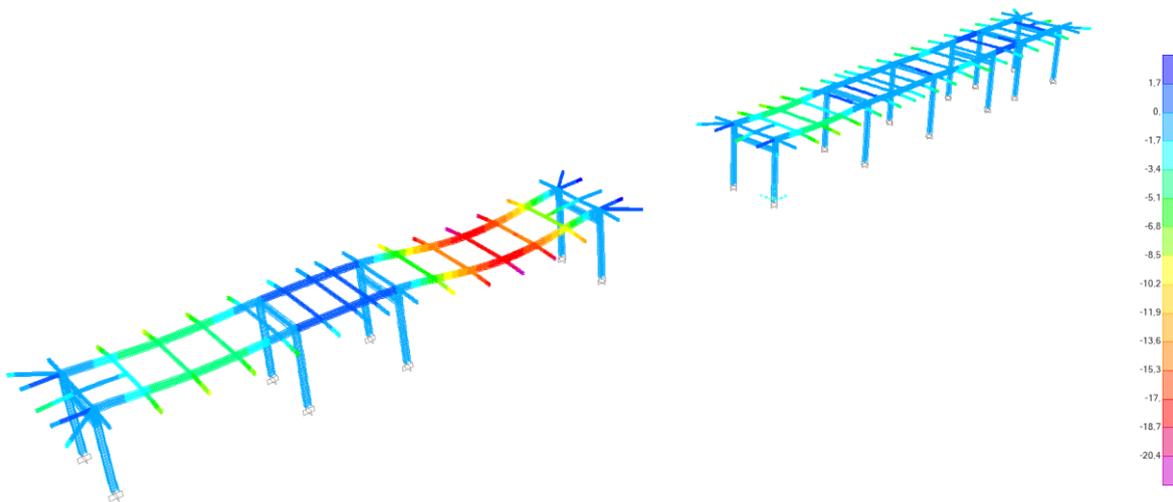


Figura 13 Deformazione verticale [mm]

$$\delta_{comb-1} = 20[mm] < \delta_{max-1}$$

[ok, verificato]

$$\delta_{comb-2} = 9.6[mm] < \delta_{max-2}$$

[ok, verificato]

NOME DOCUMENTO

 AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS -
STRUTTURE: RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA

E21D

LOTTO

00 D Z3

CODIFICA

RH

DOCUMENTO

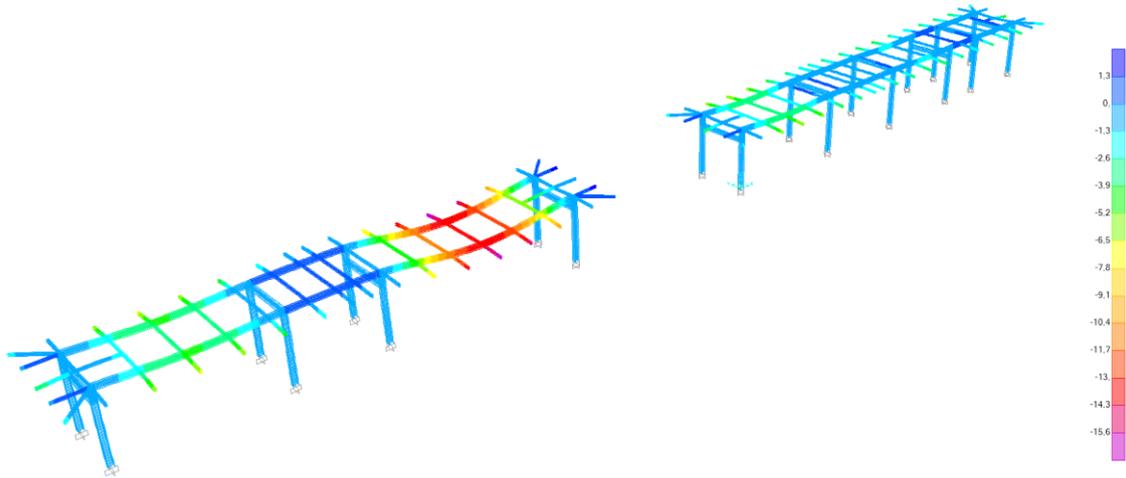
FA4800106

REV.

B

FOGLIO

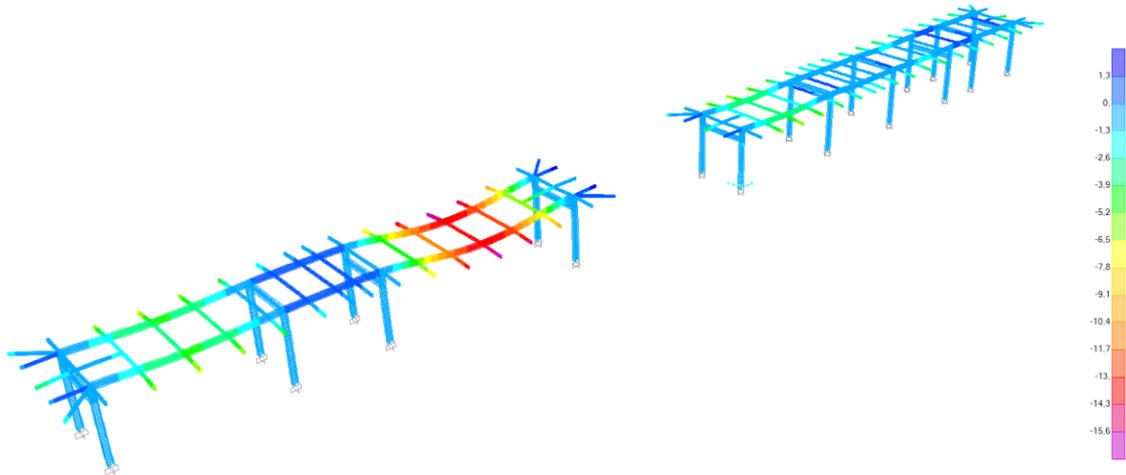
43 di 119

COMB.7 – SLE vento

Figura 14 Deformazione verticale [mm]

$$\delta_{comb-1} = 15.6[mm] < \delta_{max-1}$$

[ok, verificato]

$$\delta_{comb-2} = 5.2[mm] < \delta_{max-2}$$

[ok, verificato]
COMB.8 – SLE Temp

Figura 15 Deformazione verticale [mm]

$$\delta_{comb-1} = 15.6[mm] < \delta_{max-1}$$

[ok, verificato]

$$\delta_{comb-2} = 5.2[mm] < \delta_{max-2}$$

[ok, verificato]

NOME DOCUMENTO

AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS -
STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	44 di 119

10. Verifica delle connessioni

10.1 Connessione Pilastro-trave (tipo 1)

La connessione in oggetto si realizza laddove la trave principale viene interrotta in corrispondenza dei pilastri inferiori. In particolare, tale connessione si compone di tre collegamenti con piastre in acciaio. Due di essi sono posti a livello delle ali dei profili delle travi; il terzo collega invece le anime delle travi. I bulloni della connessione sono zincati – classe 8.8 – M24.

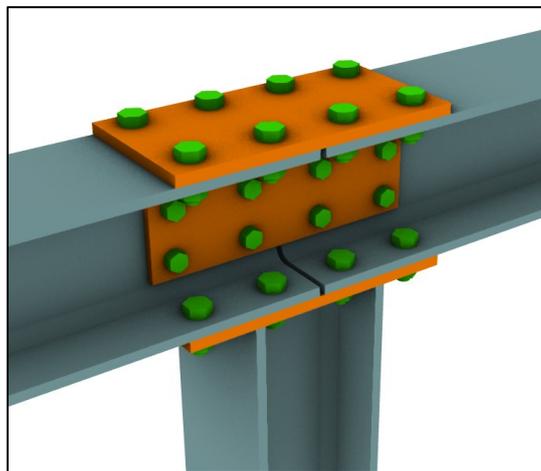


Figura 16 Vista 3d

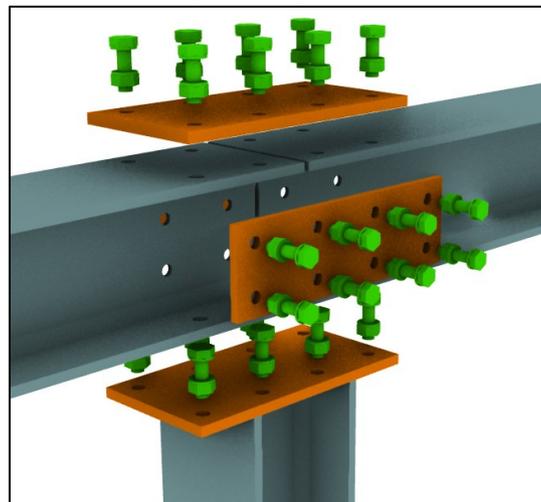


Figura 17 Vista esplosa

La connessione risulta prevalentemente sollecitata da momento flettente, il cui massimo valore fra tutte le combinazioni SLU ed SLV è pari a:

$$M = 110[kNm]$$

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4800106</td> <td>B</td> <td>45 di 119</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	45 di 119
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	45 di 119								

Si può affermare come la flangia superiore e quella inferiore siano quelle che reagiscono a tale sollecitazione.

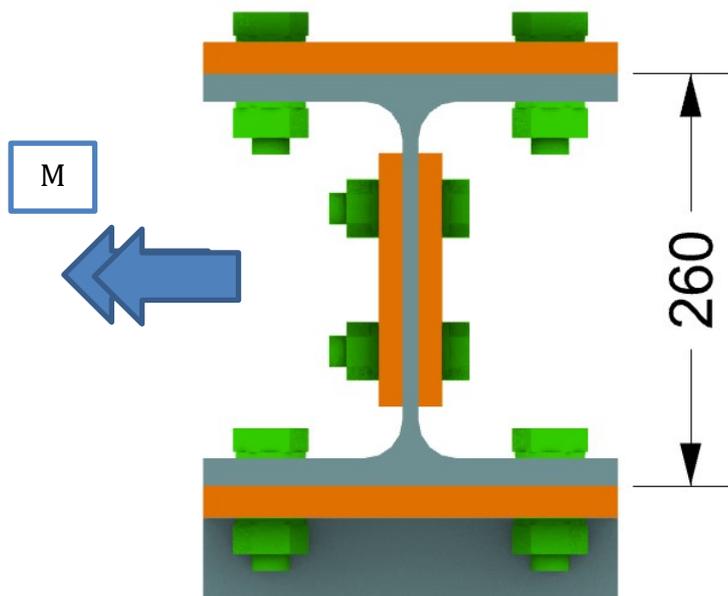


Figura 18 Vista frontale

10.1.1 Verifica dell'unione bullonata

$$T = M / 260[mm] = 423[kN]$$

[azione di taglio su flangia superiore ed inferiore]

$$T' = T / 4 = 105[kN]$$

[taglio su singolo bullone]

$$F_{v,Rd} = 135[kN]$$

[taglio resistente - rif. Tabella 1]

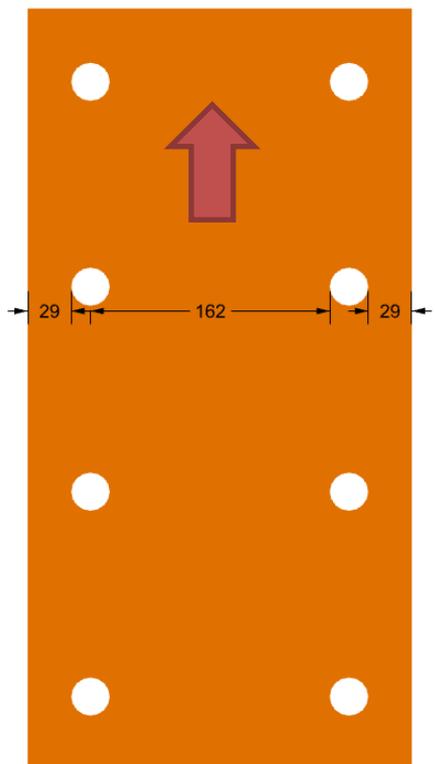
$$T' / F_{v,Rd} = 0.78 < 1.0$$

[ok, verificato]

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4800106</td> <td>B</td> <td>46 di 119</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	46 di 119
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	46 di 119								

10.1.2 Verifica del piatto

Il piatto superiore ed anche quello inferiore hanno spessore 20[mm]. La forza di taglio determinata in precedenza rappresenta una forza di trazione-compressione per il piatto. Se ne riporta la verifica.



$$T = 423[kN]$$

$$A = (29 + 162 + 29) \cdot 20[mm] = 44[cm^2]$$

$$\sigma = T / A = 96[MPa] < f_{yd}$$

[ok, verificato]

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4800106</td> <td>B</td> <td>47 di 119</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	47 di 119
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	47 di 119								

10.2 Connessione Pilastro-trave (tipo 2)

Differentemente dalla connessione tipo 1, quella tipo 2 viene realizzata laddove la trave principale è continua al di sopra del pilastro. La trave di raccordo fra i pilastri risulta collegata con 4 bulloni M24 alla trave principale.

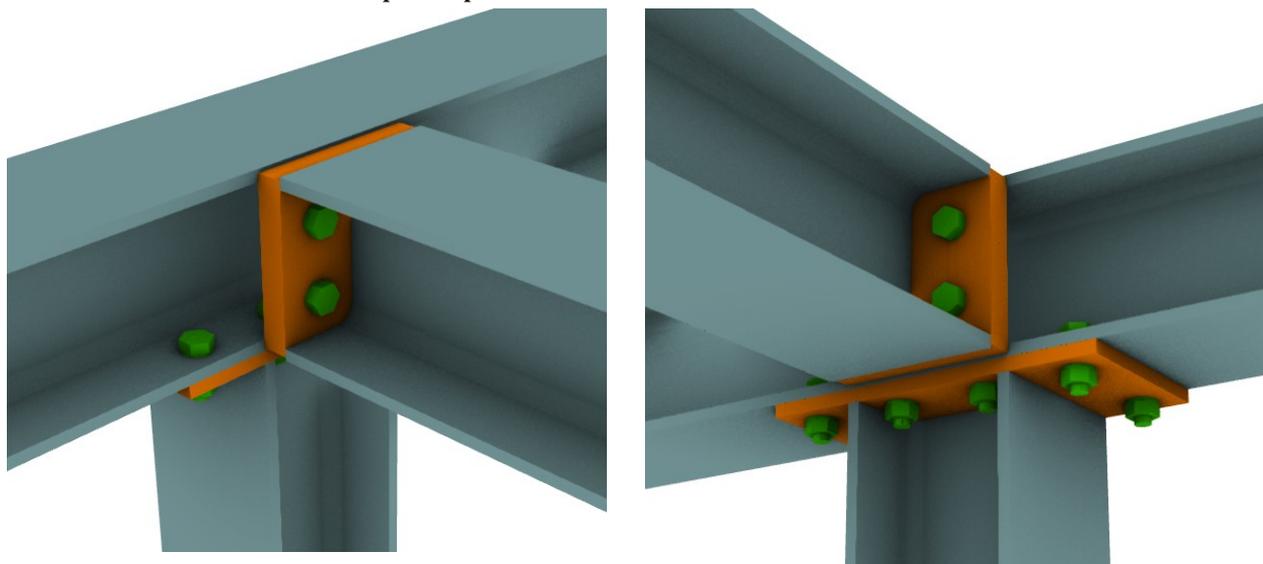


Tabella 28 3d views

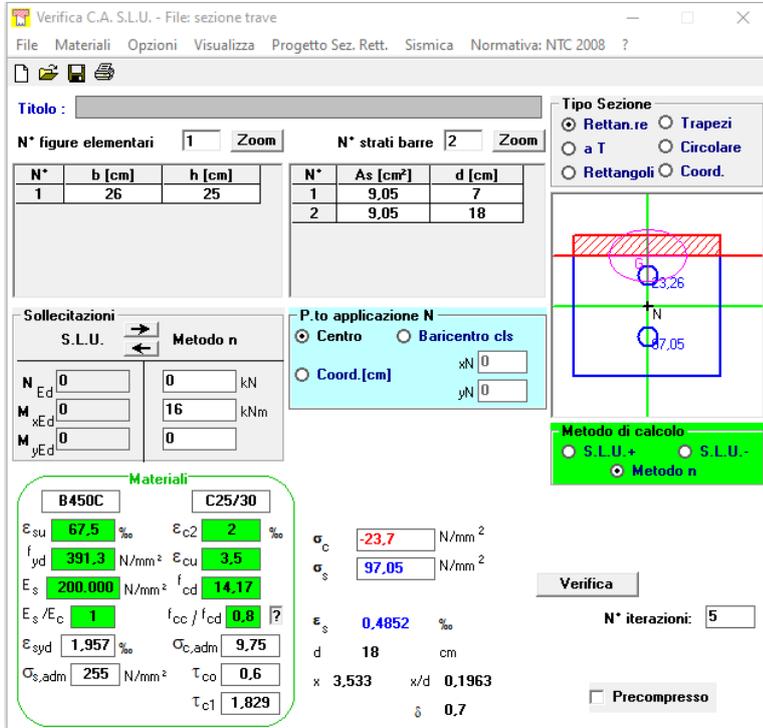
L'unione bullonata di collegamento fra le travi è sollecitata sia a flessione che taglio. I valori massimi delle sollecitazioni fra le combinazioni di involucro SLU ed SLV sono riportati nel seguito.

Sollecitazione	Valore
Flessione M_x	16 [kNm]
Taglio V_y	10 [kN]

Tabella 29 Sollecitazioni connessione bullonata

NOME DOCUMENTO
 AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS -
 STRUTTURE: RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	48 di 119



Verifica a trazione

$$\sigma_s = 97 [MPa]$$

$$T = \frac{\sigma_s \cdot A_s}{2} = \frac{97 [MPa] \cdot 9.05 [cm^2]}{2} = 43 [kN]$$

[trazione massima]

$$F_{t,Rd} = 90 [kN]$$

[trazione resistente - rif. Tabella 1]

$$T / F_{t,Rd} = 0.48 < 1.0$$

[ok, verificato]

Verifica a taglio

$$V = V' / 4 = 2.0 [kN]$$

[taglio su singola barra]

$$F_{v,Rd} = 50.2 [kN]$$

[taglio resistente - rif. Tabella 1]

$$V / F_{v,Rd} = 0.04 < 1.0$$

[ok, verificato]

Verifica a taglio - trazione

$$\frac{V}{F_{v,Rd}} + \frac{T}{1.4 \cdot F_{t,Rd}} = 0.11 < 1$$

[ok, verificato]

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4800106</td> <td>B</td> <td>49 di 119</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	49 di 119
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	49 di 119								

10.3 Verifica della connessione Trave Principale – Trave secondaria

Le travi HEB120 si collegano alle travi principali HEB260 tramite un'unione bullonata composta da 4 bulloni zincati – classe 8.8 – M16.

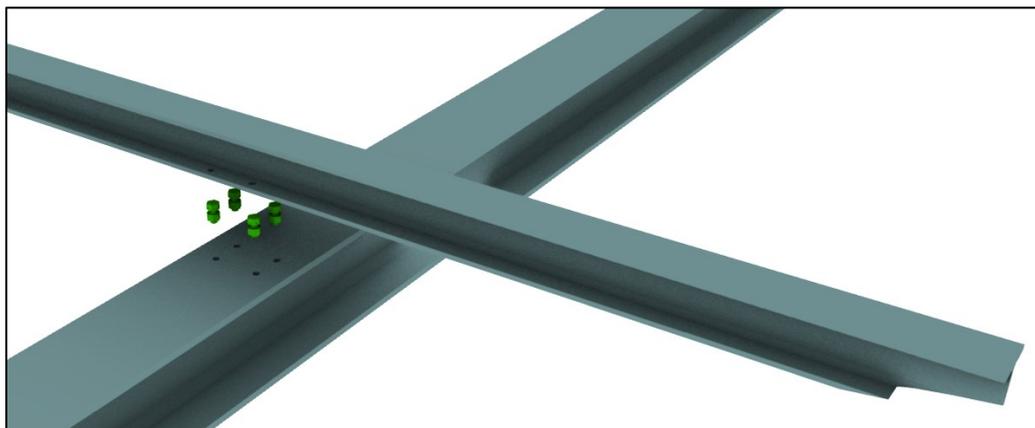


Figura 19 Vista 3d esplosa

La connessione risulta prevalentemente sollecitata da momento flettente, il cui massimo valore fra tutte le combinazioni SLU ed SLV è pari a:

$$M = 6.5[kNm]$$

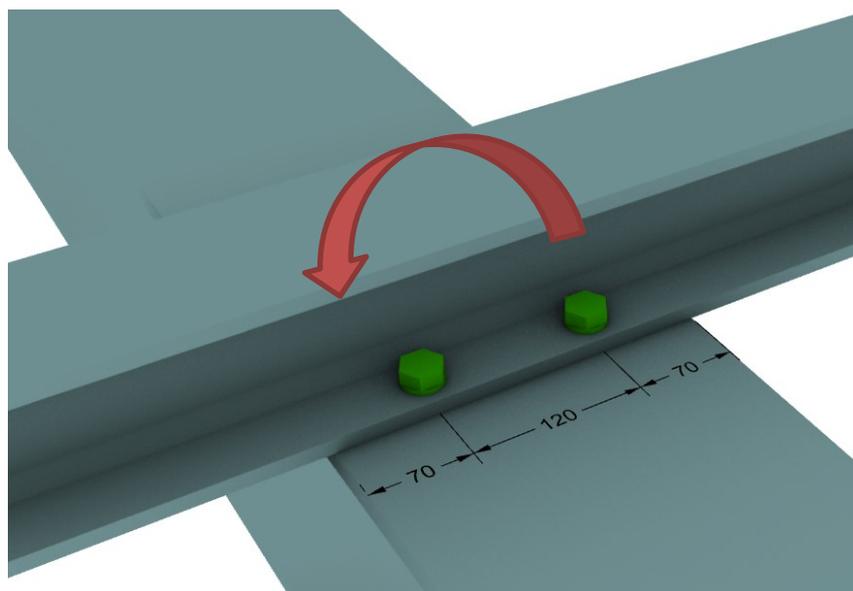


Figura 20 Vista 3d

NOME DOCUMENTO

AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS -
STRUTTURE: RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	50 di 119

10.3.1 Verifica dell'unione bullonata

Titolo : _____

N° figure elementari: 1 Zoom N° strati barre: 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	12	26	1	4.02	7
			2	4.02	19

Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 0 kN
M_{xEd} 0 6.5 kNm
M_{yEd} 0 0

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

Materiali
B450C C25/30

ε_{su} 67.5 ‰ ε_{c2} 2 ‰
f_{yd} 391.3 N/mm² ε_{cu} 3.5 ‰
E_s 200.000 N/mm² f_{cd} 14.17 ‰
E_s/E_c 1 f_{cc}/f_{cd} 0.8
ε_{syd} 1.957 ‰ σ_{c,adm} 9.75 ‰
σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.6
τ_{c1} 1.829

σ_c -19.49 N/mm²
σ_s 84.61 N/mm²
ε_s 0.423 ‰
d 19 cm
x 3.557 x/d 0.1872
δ 0.7

Verifica N° iterazioni: 5
 Precompresso

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

$$\sigma_s = 84[MPa]$$

$$T = \frac{\sigma_s \cdot A_s}{2} = \frac{84[MPa] \cdot 4.02[cm^2]}{2} = 16[kN]$$

[trazione massima]

$$F_{t,Rd} = 90[kN]$$

[taglio resistente - rif. Tabella 1]

$$T / F_{t,Rd} = 0.17 < 1.0$$

[ok, verificato]

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">COMMESSA</td> <td style="width: 15%;">LOTTO</td> <td style="width: 15%;">CODIFICA</td> <td style="width: 15%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 15%;">REV.</td> <td style="width: 15%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">E21D</td> <td style="text-align: center;">00 D Z3</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">FA4800106</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">51 di 119</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	51 di 119
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	51 di 119								

10.4 Verifica della connessione in fondazione

Ciascun pilastro si collega alla fondazione sottostante tramite una piastra saldata di spessore 30[mm] e 8 tirafondi realizzati da barre M24.

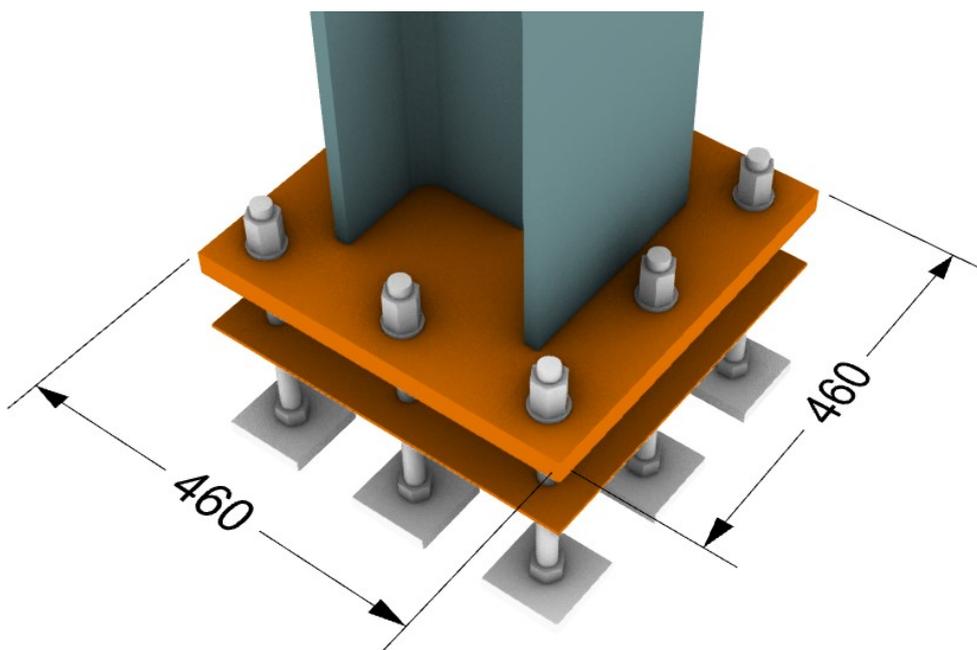


Figura 21 Vista 3d

La connessione è sollecitata da azioni di compressione, taglio e flessione. Nella seguente tabella si riportano i massimi valori determinabili dall'involuppo delle combinazioni SLU ed SLV. A favore di sicurezza, le sollecitazioni sotto riportate si assumono agenti contemporaneamente sulla stessa connessione.

Sollecitazione	Valore
Compressione	95 [kN]
Flessione Mx	33 [kNm]
Flessione My	22 [kNm]
Taglio Vx	10 [kN]
Taglio Vy	27 [kN]

Tabella 30 Sollecitazioni connessione in fondazione

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS - STRUTTURE: RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4800106</td> <td>B</td> <td>52 di 119</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	52 di 119
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	52 di 119								

10.4.1 Verifica della carpenteria metallica

Tramite un modello di calcolo agli elementi finiti si analizzano le sollecitazioni massime sulla connessione maggiormente sollecitata. A favore di sicurezza, la compressione viene assunta pari a zero.

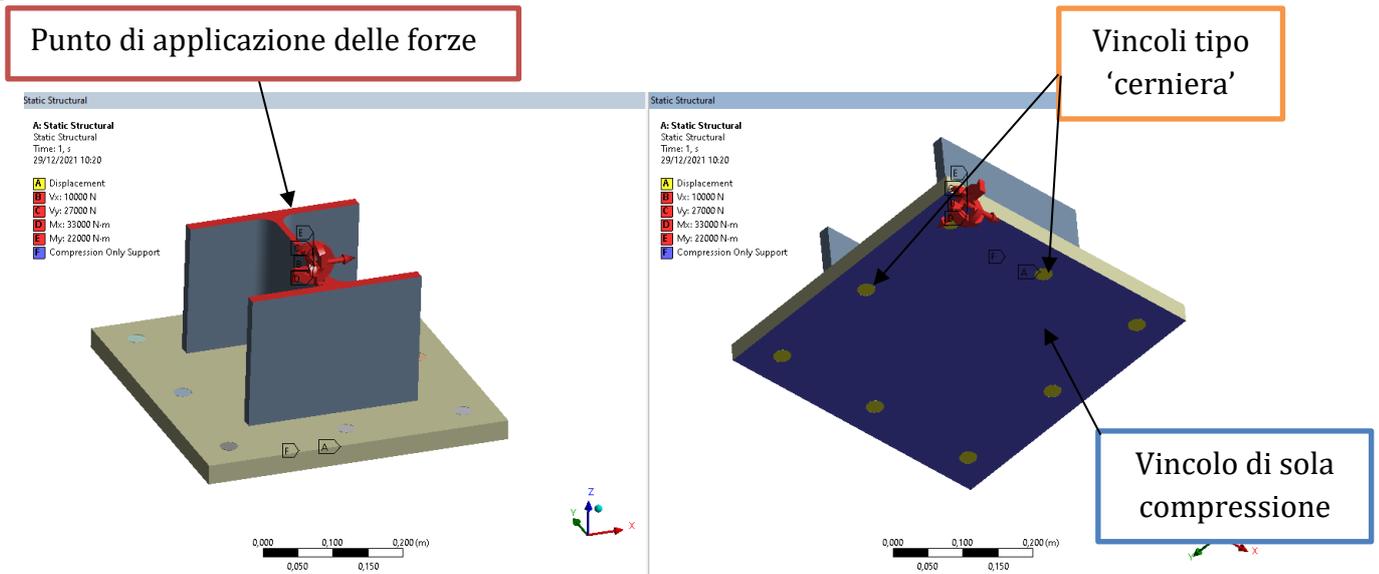


Figura 22 Modello di calcolo

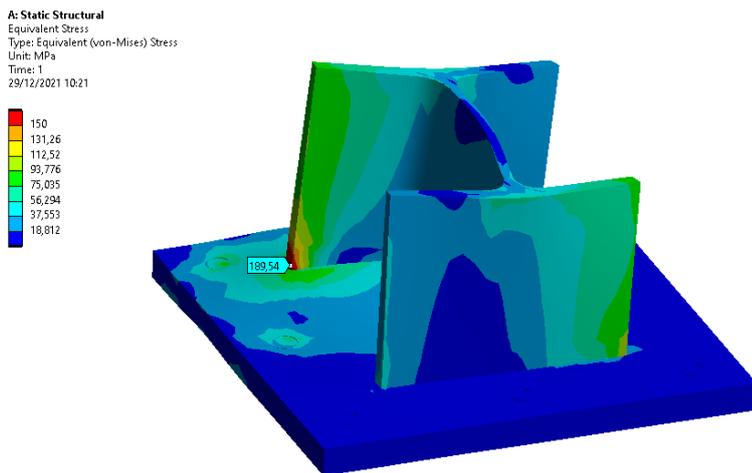


Figura 23 Tensioni di VonMises

$$\sigma_{VonMises} = 190 [MPa]$$

$$f_{ywd} = 338 [MPa]$$

$$\sigma_{VonMises} / f_{ywd} = 0.56 < 1$$

[ok, verificato]

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4800106</td> <td>B</td> <td>53 di 119</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	53 di 119
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	53 di 119								

10.4.2 Verifica dei tirafondi

I tirafondi sono realizzati da 8 barre filettate M24. La barra maggiormente sollecitata è caricata sia da azioni di trazione che di taglio.

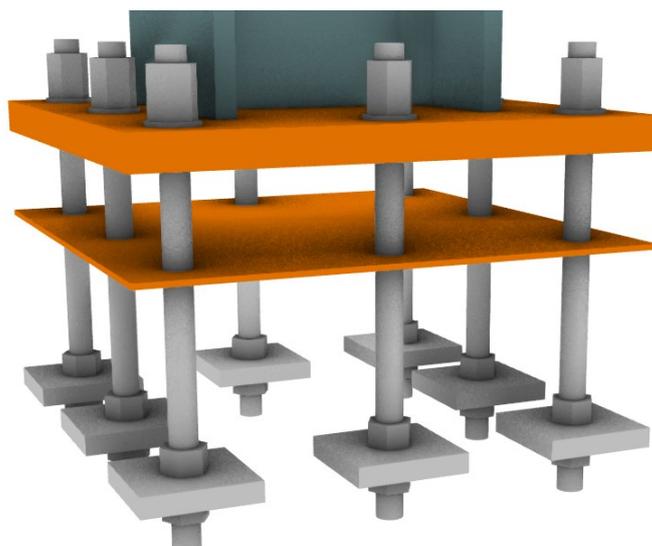
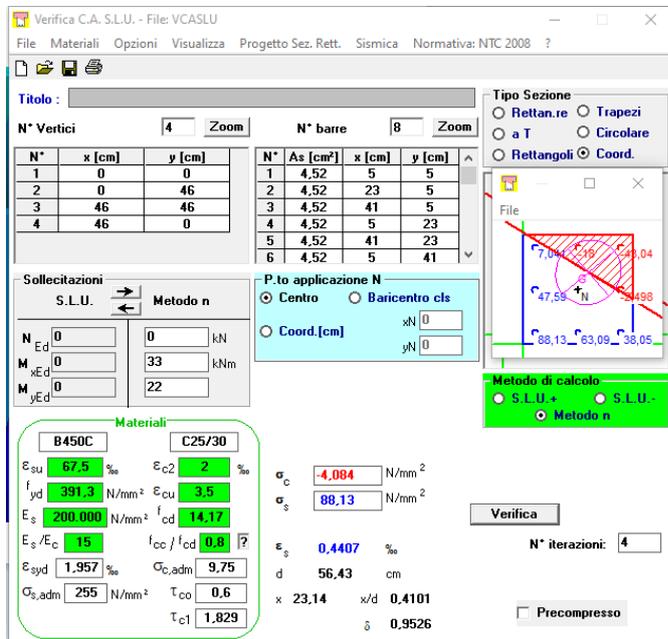


Figura 24 Vista 3d

NOME DOCUMENTO
 AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS -
 STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	54 di 119



Verifica a trazione

$$\sigma_s = 88[MPa]$$

$$T = \frac{\sigma_s \cdot A_s}{2} = 88[MPa] \cdot 4.52[cm^2] = 36[kN]$$

[trazione massima]

$$F_{t,Rd} = 90[kN]$$

[trazione resistente - rif. Tabella 1]

$$T / F_{t,Rd} = 0.4 < 1.0$$

[ok, verificato]

Verifica a taglio

$$V = \frac{\sqrt{V_x^2 + V_y^2}}{8} = 3.6[kN]$$

[taglio su singola barra]

$$F_{v,Rd} = 50.2[kN]$$

[taglio resistente - rif. Tabella 1]

$$V / F_{v,Rd} = 0.07 < 1.0$$

[ok, verificato]

Verifica a taglio - trazione

$$\frac{V}{F_{v,Rd}} + \frac{T}{1.4 \cdot F_{t,Rd}} = 0.35 < 1$$

[ok, verificato]

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4800106</td> <td>B</td> <td>55 di 119</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	55 di 119
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	55 di 119								

Resistenza estrazione barra di ancoraggio

$$f_{bd} = f_{bk} / 1.5 = 2.69[MPa]$$

$$L = 340[mm]$$

$$P = 2 \cdot \pi \cdot r = 75[mm]$$

$$\tau = \frac{T}{P \cdot L} = \frac{36[kN]}{75[mm] \cdot 340[mm]} = 1.40[MPa]$$

$$\tau / f_{bd} = 0.52 < 1$$

[ok, verificato]

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4800106</td> <td>B</td> <td>56 di 119</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	56 di 119
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	56 di 119								

11. Verifica delle fondazioni- modello Ferraris 1

Nella presente relazione di calcolo si riportano le verifiche inerenti alla sola struttura di fondazione intese come:

- Verifiche strutturali
- Verifiche geotecniche

Le verifiche geotecniche sono svolte come previsto dalla NTC del 2018 al punto 6.4.3.1 seguendo la combinazione di calcolo:

A1+M1+R3

Si precisa come la relazione geologica a nostra disposizione non riporti delle indagini penetrometriche riferite al sito della costruzione. Pertanto nelle verifiche riportate nei seguenti punti si impiegano dei parametri geotecnici cautelativi i quali in fase esecutiva dovranno essere opportunamente verificati mediante prove geologiche in sito. Inoltre la fondazione oggetto di verifica è progettata considerando un andamento altimetrico del terreno pianeggiante. Nel caso in cui tale ipotesi non risulti essere verificata si deve necessariamente modificare la tipologia di fondazione inserendo pali e/o muri di sostegno.

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4800106</td> <td>B</td> <td>57 di 119</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	57 di 119
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	57 di 119								

11.1 CARATTERIZZAZIONE DEL TERRENO

Le caratteristiche meccaniche del terreno presente in sito sono le seguenti:

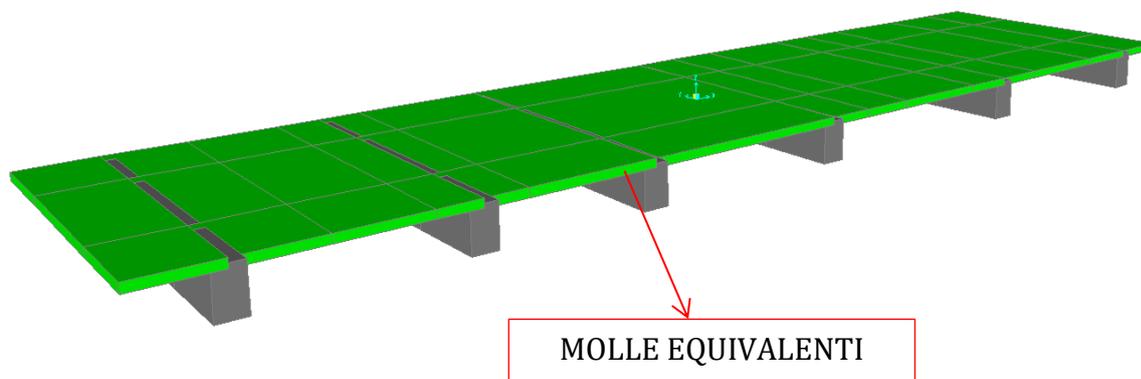
- Strato di Terreno argilloso spesso 15 m avente:

N	Descrizione	Classe	Tipo	Classe 2	Potenza [m]	γ [kN/m ³]	φ' [°]	φ'_{cv} [°]	Dr [%]	IC	c' [kPa]	c_u [kPa]	v	NSPT	OCR	$\Delta\sigma'_p$ [kPa]	E_{ed} [MPa]	CR	RR	CR/RR	FC [%]
1	omogeneo	limo	fine	argillosa	15	18	25	25	1	0.4	8	100	0.3	30	1		5			8	0

Vista la presenza di un terreno principalmente a grana fine, si ritiene opportuno considerare la posizione della falda alla quota del piano di posa della fondazione.

11.2 Modello di Calcolo della Fondazione con Winkler

La fondazione dell'opera è analizzata mediante apposito modello agli elementi finiti in cui i vincoli di incastro perfetto sono sostituiti da apposite molle dotate di opportuna rigidità a simulare l'iterazione tra travi di fondazione ed il terreno. Si riporta nell'immagine sottostante la fondazione impiegata:



L'iterazione tra la struttura di fondazione e il terreno è stata condotta tramite il modello di Winkler. Il calcolo della rigidità da assegnare alla molla è condotto calcolando prima il cedimento medio al di sotto del centro della fondazione. Noto il cedimento si calcola la rigidità della molla con il rapporto tra il carico distribuito presente sulla platea ed il cedimento

$$K_w = \frac{\Delta q_{slu}}{W}$$

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">E21D</td> <td style="text-align: center;">00 D Z3</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">FA4800106</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">58 di 119</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	58 di 119
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	58 di 119								

11.2.1 Calcolo della costante elastica di Winkler

Considerando la combinazione quasi permanente è presente in fondazione, in corrispondenza del baricentro delle masse della sovrastruttura, un carico concentrato pari ad:

TABLE: Base Reactions						
OutputCase	CaseType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ	GlobalMX	GlobalMY
Text	Text	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m
quasi permanente	Combination	-9.102E-13	-1.332E-15	320.3189	0.32032	-21.12633

$$Q_{\text{quasi permanente}} = 320 \text{ [ton]}$$

$$M_{x,\text{slu}} = 0.32 \text{ [tonm]}$$

$$M_{y,\text{slu}} = -21.12 \text{ [tonm]}$$

Tale risultante dei carichi è desunta considerando sulla fondazione la presenza:

- Pensilina del capolinea
- Box sottostanti alla pensilina del capolinea

La fondazione è composta da travi spesse 60 cm e profonde circa 100 cm collegate in testa mediante soletta in calcestruzzo spessa 20 cm non appoggiata a terra. Il piano di posa della fondazione è posto a quota -1.40 m dal piano campagna. Il terreno su cui poggia la fondazione è composto principalmente da terreno coesivo. Il calcolo dei cedimenti avviene mediante il metodo Edometrico. Si riporta la stratigrafia ipotizzata per il sito di costruzione dell'opera:

NOME DOCUMENTO

 AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS -
 STRUTTURE: RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	59 di 119

Stratigrafie

N	Descrizione	falda [m]	Strati
1	Tipo A		0 1 strati: Htot =15

Strati stratigrafia Tipo A (1 strati: Htot =15)

N	Descrizione	Classe	Tipo	Classe 2	Potenza [m]	γ [kN/m ³]	φ' [°]	φ'_{cv} [°]	Dr [%]	IC	c' [kPa]	c_u [kPa]	v	NSPT	OCR	$\Delta\sigma'_p$ [kPa]	Eed [MPa]	CR	RR	CR/RR	FC [%]
1	omogeneo	limo	fine	argillosa	15	18	25	25	1	0.4	8	100	0.3	30	1		5			8	0

Si riporta il calco del cedimento:

Verifiche Cedimenti Edometrici
Verifiche Cedimenti Edometrici

Piano k.Wink.	Rettangolo	Fam	Cmb	q	qN	$\sigma'v0$	WTot
[N/cm ³]	fondazione			[Pa]	[Pa]	[Pa]	[mm]
0	Trave 1						
sez.0	4		1	92902	83070	9832	11.315
0	Trave 1						
sez.1	4		1	92909	83077	9832	11.315
0	Trave 1						
sez.2	4		1	92916	83084	9832	11.316
0	Trave 2						
sez.0	4		1	92918	83086	9832	11.317
0	Trave 2						
sez.1	4		1	92921	83089	9832	11.317
0	Trave 2						
sez.2	4		1	92916	83084	9832	11.316
0	Trave 3						
sez.0	4		1	92913	83081	9832	11.316
0	Trave 3						
sez.1	4		1	92907	83075	9832	11.315
0	Trave 3						
sez.2	4		1	92894	83062	9832	11.313
0	Trave 4						
sez.0	4		1	101150	91318	9832	12.507
0	Trave 4						
sez.1	4		1	101149	91317	9832	12.508
0	Trave 4						
sez.2	4		1	101150	91318	9832	12.506
0	Trave 5						
sez.0	4		1	101150	91318	9832	12.507
0	Trave 5						
sez.1	4		1	101149	91317	9832	12.507
0	Trave 5						
sez.2	4		1	101147	91315	9832	12.506
0	Trave 6						
sez.0	4		1	101150	91318	9832	12.507
0	Trave 6						
sez.1	4		1	101151	91319	9832	12.507
0	Trave 6						
sez.2	4		1	101151	91319	9832	12.506

NOME DOCUMENTO

AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS -
STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

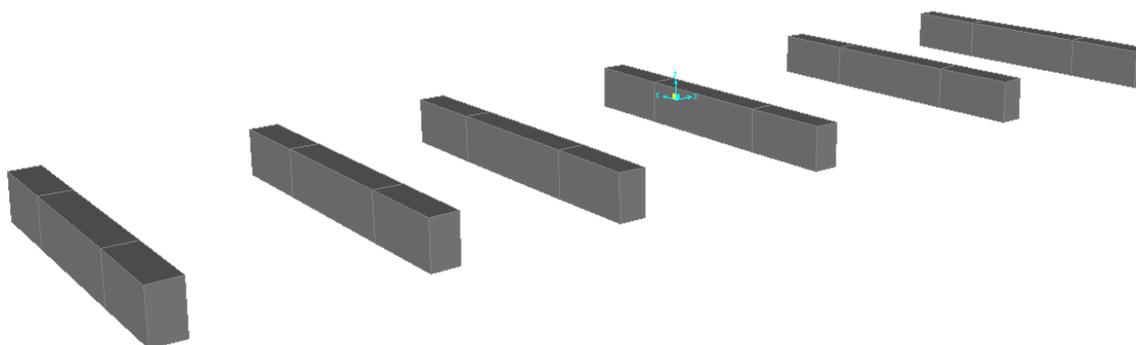
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	60 di 119

0	Trave 7						
sez.0	4	1	116865	107033	9832	14.943	7.8206
0	Trave 7						
sez.1	4	1	116840	107008	9832	14.942	7.8195
0	Trave 7						
sez.2	4	1	116778	106946	9832	14.932	7.8209
0	Trave 8						
sez.0	4	1	116759	106927	9832	14.93	7.8203
0	Trave 8						
sez.1	4	1	116734	106902	9832	14.928	7.82
0	Trave 8						
sez.2	4	1	116701	106868	9832	14.922	7.8205
0	Trave 9						
sez.0	4	1	116835	107002	9832	14.939	7.8209
0	Trave 9						
sez.1	4	1	116850	107018	9832	14.941	7.8207
0	Trave 9						
sez.2	4	1	116864	107032	9832	14.941	7.8215
0	Trave 10						
sez.0	4	1	158755	148923	9832	21.24	7.4744
0	Trave 10						
sez.1	4	1	158592	148760	9832	21.224	7.4724
0	Trave 10						
sez.2	4	1	157981	148149	9832	21.152	7.4689
0	Trave 11						
sez.0	4	1	157833	148001	9832	21.136	7.4675
0	Trave 11						
sez.1	4	1	157678	147846	9832	21.119	7.4662
0	Trave 11						
sez.2	4	1	157511	147679	9832	21.1	7.465
0	Trave 12						
sez.0	4	1	158506	148674	9832	21.21	7.473
0	Trave 12						
sez.1	4	1	158591	148759	9832	21.22	7.4738
0	Trave 12						
sez.2	4	1	158713	148881	9832	21.233	7.4748
0	Trave 13						
sez.0	4	1	127889	118057	9832	16.599	7.7047
0	Trave 13						
sez.1	4	1	127883	118051	9832	16.599	7.7043
0	Trave 13						
sez.2	4	1	127886	118054	9832	16.598	7.705
0	Trave 14						
sez.0	4	1	127886	118054	9832	16.598	7.7049
0	Trave 14						
sez.1	4	1	127885	118053	9832	16.598	7.7048
0	Trave 14						
sez.2	4	1	127878	118046	9832	16.597	7.705
0	Trave 15						
sez.0	4	1	127891	118059	9832	16.599	7.7049
0	Trave 15						
sez.1	4	1	127892	118060	9832	16.599	7.7048
0	Trave 15						
sez.2	4	1	127891	118059	9832	16.598	7.7051
0	Trave 16						
sez.0	4	1	106992	97160	9832	13.428	7.9681
0	Trave 16						
sez.1	4	1	106999	97167	9832	13.429	7.9675
0	Trave 16						
sez.2	4	1	106985	97153	9832	13.426	7.9686
0	Trave 17						
sez.0	4	1	106978	97146	9832	13.426	7.9683
0	Trave 17						
sez.1	4	1	106966	97134	9832	13.424	7.9681
0	Trave 17						

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)					
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	COMMESSA E21D	LOTTO 00 D Z3	CODIFICA RH	DOCUMENTO FA4800106	REV. B	FOGLIO 61 di 119

sez.2	4	1	106937	97105	9832	13.42	7.9685
0	Trave 18						
sez.0	4	1	106955	97123	9832	13.423	7.9682
0	Trave 18						
sez.1	4	1	106972	97140	9832	13.425	7.9681
0	Trave 18						
sez.2	4	1	106985	97153	9832	13.426	7.9686

Nella tabella precedente si riporta il carico agente su ciascuna trave, il relativo cedimento calcolato con anche il valore di rigidezza della molla. Tali valori di rigidezza sono assegnati alle travi di fondazione:



La costante di Winkler mediata tra tutte le travi è circa la seguente:

$$K_W = \frac{\Delta q_{slu}}{W} = 0.8 \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}^3} \right]$$

11.3 Confronto tra modello con fondazione rigida e flessibile

Al presente punto si riporta il confronto tra il modello con fondazione rigida (vincoli di incastro perfetto) con cui si sono valutate le sollecitazioni sulla struttura in elevazione ed il modello con

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4800106</td> <td>B</td> <td>62 di 119</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	62 di 119
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	62 di 119								

fondazione flessibile (vincoli con molle) con cui si verifica la struttura di fondazione. Prima di procedere in questo modo la NTC del 2018 richiede al punto 7.2.6 punto b) che la risultante di taglio alla base e di sforzo normale calcolata con la fondazione flessibile deve essere almeno pari al 70% della risultante di taglio alla base e sforzo normale calcolati con modello di calcolo con fondazione rigida e spettro di risposta con suolo di tipo A. Si dimostra nel seguito il rispetto di tale disuguaglianza:

Fondazione rigida:

Nel caso in esame i valori di taglio alla base e sforzo normale calcolati allo SLV con modello con fondazione rigida sono i seguenti:

TABLE: Base Reactions					
OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ
Text	Text	Text	Tonf	Tonf	Tonf
SISMA X	Combination	Max	3.6908	1.1841	321.0493
SISMA X	Combination	Min	-3.6908	-1.1841	319.5885
SISMA Y	Combination	Max	1.1072	3.9468	320.538
SISMA Y	Combination	Min	-1.1072	-3.9468	320.0998

Le risultanti:

$$T_{\text{base,comb.SLV-X,rigida}} = \sqrt{F_X^2 + F_Y^2} = 3.87 \text{ [ton]}$$

$$T_{\text{base,comb.SLV-Y,rigida}} = \sqrt{F_X^2 + F_Y^2} = 4.10 \text{ [ton]}$$

$$N_{\text{comb.SLV,rigida}} = 320 \text{ [ton]}$$

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4800106</td> <td>B</td> <td>63 di 119</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	63 di 119
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	63 di 119								

Fondazione flessibile:

Nel caso in esame i valori di taglio alla base e sforzo normale calcolati allo SLV con modello con fondazione flessibile sono i seguenti:

TABLE: Base Reactions					
OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ
Text	Text	Text	Tonf	Tonf	Tonf
SISMA X	Combination	Max	7.5059	2.4008	320.4444
SISMA X	Combination	Min	-7.5059	-2.4008	320.1935
SISMA Y	Combination	Max	2.8745	7.4003	320.4443
SISMA Y	Combination	Min	-2.8745	-7.4003	320.1935

Le risultanti:

$$T_{\text{base,comb.SLV-X,flessibile}} = \sqrt{F_X^2 + F_Y^2} = 7.87 \text{ [ton]}$$

$$T_{\text{base,comb.SLV-Y,flessibile}} = \sqrt{F_X^2 + F_Y^2} = 7.94 \text{ [ton]}$$

$$N_{\text{comb.SLV,flessibile}} = 320 \text{ [ton]}$$

Il limite posto da NTC del 2018 posto pari al 70% delle risultanti di taglio alla base e sforzo normale è rispettato in quanto le sollecitazioni ottenute con la fondazione flessibile sono superiori a quelle ottenute con fondazione rigida e spettro di risposta con terreno di tipo A.

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">COMMESSA</th> <th style="width: 15%;">LOTTO</th> <th style="width: 15%;">CODIFICA</th> <th style="width: 15%;">DOCUMENTO</th> <th style="width: 10%;">REV.</th> <th style="width: 10%;">FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">E21D</td> <td style="text-align: center;">00 D Z3</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">FA4800106</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">64 di 119</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	64 di 119
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	64 di 119								

11.4 VERIFICHE DI RESISTENZA

Nel presente capitolo si riportano le verifiche strutturali e geotecniche richieste da NTC del 2018.

11.4.1 Verifiche di Resistenza Geotecnica (A1+M1+R3)

Le verifiche geotecniche consistono in:

- Verifica capacità portante della fondazione
- Verifica a scorrimento
- Verifica dei cedimenti (metodo edometrico).

11.4.1.1 Verifica di Portanza della fondazione

Il calcolo della portanza viene condotta a lungo termine in condizioni drenate per quanto riguarda la combinazione allo stato limite ultimo e nel breve termine in condizioni non drenate per la combinazione sismica allo stato limite di salvaguardia della vita. . Le sollecitazioni massime ottenute sulla fondazione sono calcolate allo stato limite ultimo e di salvaguardia della vita.

- SLU
- SLV

11.4.1.1.1 Verifica di Portanza della fondazione allo SLU-CONDIZIONE DRENATE

La resistenza di progetto R_d , cioè in questo caso la tensione massima sopportabile dal terreno è calcolata:

$$R_d = \frac{q_{lim}}{FS}$$

Si procede al calcolo della portanza in condizioni drenate. La rottura di un terreno argilloso limoso viene determinata con il seguente cuneo di rottura:

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">COMMESSA</th> <th style="text-align: center;">LOTTO</th> <th style="text-align: center;">CODIFICA</th> <th style="text-align: center;">DOCUMENTO</th> <th style="text-align: center;">REV.</th> <th style="text-align: center;">FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">E21D</td> <td style="text-align: center;">00 D Z3</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">FA4800106</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">65 di 119</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	65 di 119
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	65 di 119								

Il qlim cioè la capacità portante del terreno dove poggia la fondazione è valutato mediante la formula di Brinch-Hansen:

$$q_{lim} = \frac{1}{2} \cdot \gamma' \cdot B \cdot N_{\gamma} \cdot (s_{\gamma} \cdot i_{\gamma} \cdot b_{\gamma}) + c' \cdot N_c \cdot (s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c) + \sigma'_v \cdot N_q \cdot (s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q)$$

Il terreno di posa della fondazione ha le seguenti caratteristiche meccaniche:

- Base della fondazione $B = 0.60 \text{ m}$
- peso dell'unità di volume $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$
- angolo di attrito interno $\varphi = 25^\circ$
- coesione efficace $c'=0.08 \text{ t/mq}$

Il piano di posa della fondazione si trova ad una distanza dal piano campagna pari ad:

$$h = 1.4 \text{ m}$$

inoltre esso non risulta essere inclinato quindi i fattori di forma b espressi in Brinch-Hansen vengono annullati:

$$b_c = b_q = 1$$

Anche il carico agente sulla fondazione non risulta essere, inclinato pertanto:

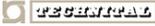
$$i_{\gamma} = i_c = i_q = 1$$

La fondazione ha i seguenti fattori di forma:

$$s_{\gamma} = 1.07$$

$$s_q = s_c = 1.01$$

$$s_c = 1 + 0.2 \cdot K_p \cdot \left(\frac{B}{L}\right) = 1.30$$

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE   	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">E21D</td> <td style="text-align: center;">00 D Z3</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">FA4800106</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">66 di 119</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	66 di 119
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	66 di 119								

I fattori di approfondimento sono:

$$d_q = 1 + 2 \cdot \frac{d}{B} \cdot \tan(\varphi) \cdot (1 - \sin \varphi)^2 = 1.37$$

$$d_c = 1 + 0.2 \cdot \sqrt{K_p} \cdot \frac{D}{B} = 1.73$$

I coefficienti di capacità portante impiegati (Vesic) sono:

$$N_q = \frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi} \cdot e^{\pi \cdot \tan \varphi} = 10.65$$

$$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan \varphi = 10.87$$

$$N_c = 20.70$$

Di conseguenza la capacità portante della fondazione risulta essere la seguente:

$$q_{lim} = \frac{1}{2} \cdot \gamma' \cdot B \cdot N_\gamma \cdot (s_\gamma \cdot i_\gamma \cdot b_\gamma) + c' \cdot N_c \cdot (s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c) + \sigma'_v \cdot N_q \cdot (s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q) =$$

$$q_{lim} = 0.54 [MPa]$$

Considerando un fattore di sicurezza pari ad:

<i>Tabella 6.4.1 – Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali</i>			
VERIFICA	COEFFICIENTE PARZIALE (R1)	COEFFICIENTE PARZIALE (R2)	COEFFICIENTE PARZIALE (R3)
Capacità portante	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,8$	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,1$	$\gamma_R = 1,1$

$$FS = 2.3$$

La capacità portante di progetto della fondazione è:

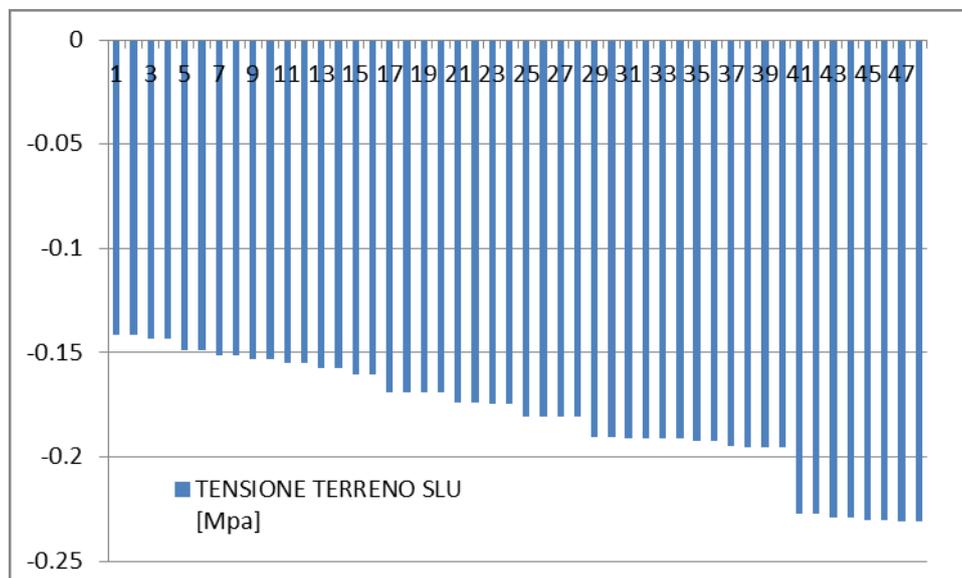
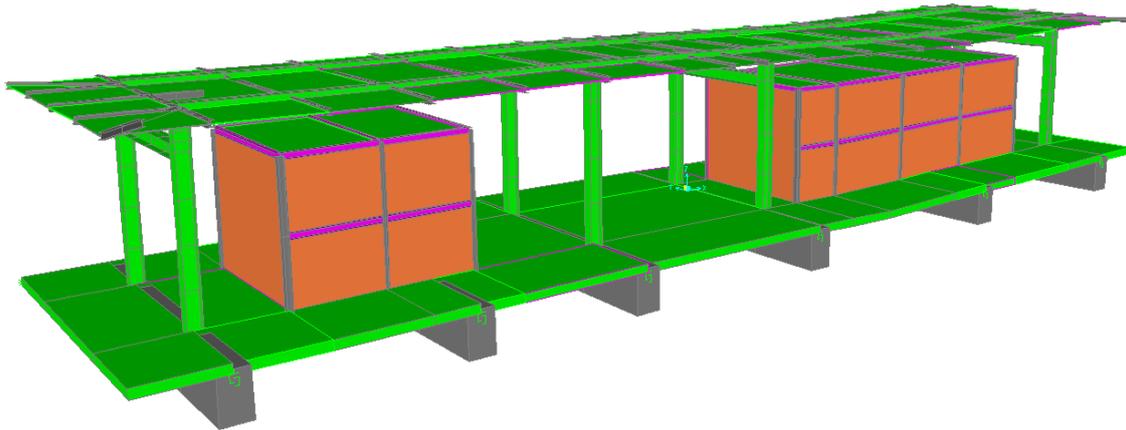
$$R_d = \frac{q_{lim}}{FS} = 0.23 [MPa]$$

NOME DOCUMENTO

AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS -
STRUTTURE: RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	67 di 119

La tensione massima agente sul terreno con costante di Winkler pari a 0.8 kg/cm³:



$$\sigma_t = 0.23 [MPa]$$

La verifica a capacità portante risulta quindi soddisfatta:

$$E_d = 0.23 [MPa] \leq R_d = 0.23 [MPa]$$

OK, Verificato!

NOME DOCUMENTO

AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS -
STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

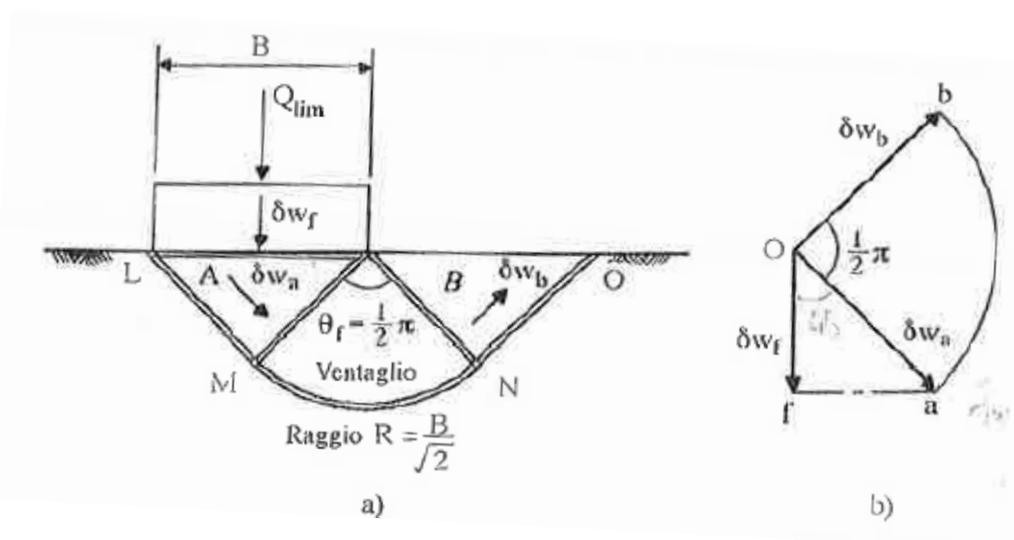
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	68 di 119

11.4.1.1.2 Verifica di Portanza della fondazione allo SLV-CONDIZIONI NON DRENATE

La resistenza di progetto R_d , cioè in questo caso la tensione massima sopportabile dal terreno è calcolata:

$$R_d = \frac{q_{lim}}{FS}$$

Si procede al calcolo della portanza in condizioni non drenate. In questo caso le sovrappressioni interstiziali non sono dissipate ($\Delta u \neq 0$), pertanto la verifica viene condotta in termini di tensioni e parametri meccanici totali. La rottura di un terreno argilloso limoso viene determinata con il seguente cuneo di rottura:



Con tale meccanismo di rottura il carico limite della fondazione è il seguente:

$$q_{lim} = \frac{Q_{lim}}{B} = (2 + \pi) \cdot c_{ud} + \gamma_{sat} \cdot h$$

Con l'approccio numero uno si devono dividere le resistenze caratteristiche geotecniche per i coefficienti parziali dati da NTC del 2018 al punto 6.2.4.1.2:

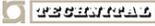
 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE   Engineering and Technical Services S.p.A.  ARCHITETTI ASSOCIATI	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4800106</td> <td>B</td> <td>69 di 119</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	69 di 119
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	69 di 119								

Tabella 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE	(M1)	(M2)
<i>Tangente dell'angolo di resistenza al taglio</i>	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1,0	1,25
<i>Coesione efficace</i>	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
<i>Resistenza non drenata</i>	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
<i>Peso dell'unità di volume</i>	γ	γ_{γ}	1,0	1,0

Quindi:

$$c_{ud} = \frac{0.10}{1} = 0.10 \text{ MPa}$$

Il carico limite diviene:

$$q_{lim} = \frac{Q_{lim}}{B} = (2 + \pi) \cdot c_{ud} + \gamma_{sat} \cdot h = 0.514 + 0.0216 = 0.54 \text{ [MPa]}$$

Tale valore deve essere ridotto per il fattore di sicurezza FS posto pari ad:

VERIFICA	COEFFICIENTE PARZIALE (R1)	COEFFICIENTE PARZIALE (R2)	COEFFICIENTE PARZIALE (R3)
Capacità portante	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,8$	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,1$	$\gamma_R = 1,1$

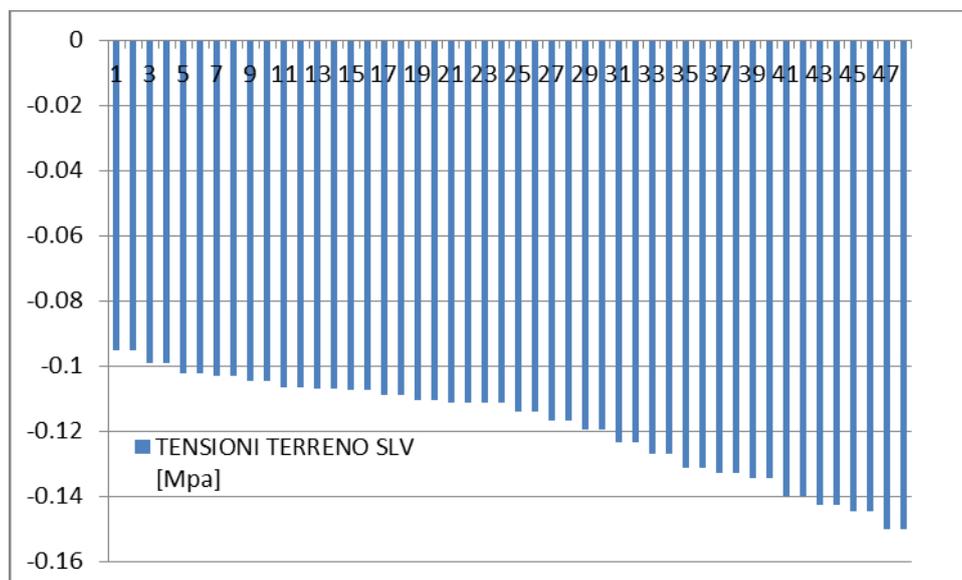
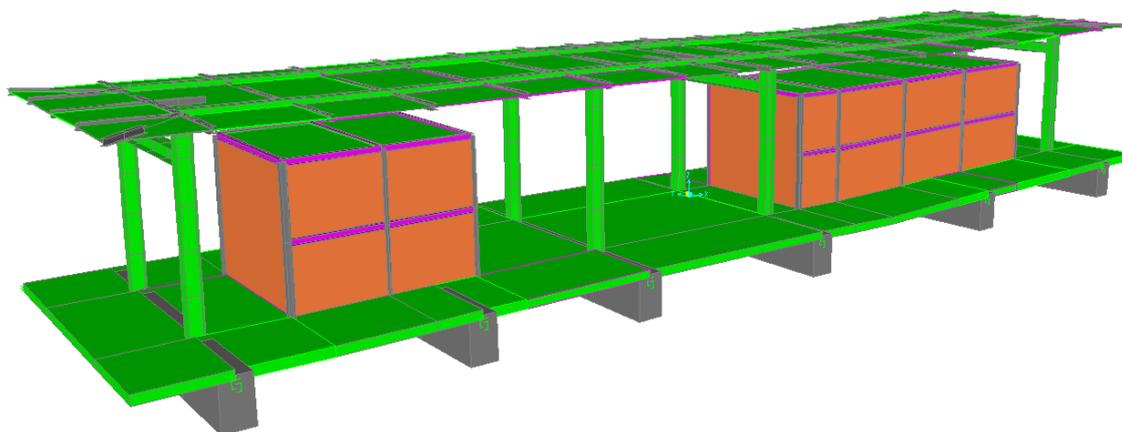
$$FS = 2.3$$

La capacità portante di progetto della fondazione è:

$$R_d = \frac{q_{lim}}{FS} = 0.23 \text{ [MPa]}$$

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4800106</td> <td>B</td> <td>70 di 119</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	70 di 119
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	70 di 119								

La tensione massima agente sul terreno con costante di Winkler pari a 0.8 kg/cm³:



$$\sigma_t = 0.15 [MPa]$$

La verifica a capacità portante risulta quindi soddisfatta:

$$E_d = 0.15 [MPa] \leq R_d = 0.23 [MPa]$$

[OK, Verificato]

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS - STRUTTURE: RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">E21D</td> <td style="text-align: center;">00 D Z3</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">FA4800106</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">71 di 119</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	71 di 119
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	71 di 119								

11.4.1.1.3 Verifica a Scorrimento allo SLV

La resistenza di progetto R_d , cioè in questo caso la capacità a scorrimento è calcolata con la sottostante espressione:

$$R_d = \frac{A \cdot C_u}{\gamma_R}$$

In cui:

- A è l'area della fondazione
- C_u è la resistenza a taglio non drenata
- γ_R è il coefficiente di sicurezza pari a 1.1

Allo stato limite di salvaguardia della vita si ha in fondazione il seguente carico verticale e taglio alla base:

TABLE: Base Reactions					
OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ
Text	Text	Text	Tonf	Tonf	Tonf
SISMA X	Combination	Max	7.5059	2.4008	320.4444
SISMA X	Combination	Min	-7.5059	-2.4008	320.1935
SISMA Y	Combination	Max	2.8745	7.4003	320.4443
SISMA Y	Combination	Min	-2.8745	-7.4003	320.1935

Le risultanti:

$$T_{\text{base,comb.SLV-X,flessibile}} = \sqrt{F_X^2 + F_Y^2} = 7.87 \text{ [ton]}$$

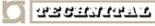
$$T_{\text{base,comb.SLV-Y,flessibile}} = \sqrt{F_X^2 + F_Y^2} = 7.94 \text{ [ton]}$$

$$R_d = \frac{A \cdot C_u}{\gamma_R} = \frac{(0.6 \cdot 7.5 \cdot 6) \cdot 10}{1.1} = 245 \text{ [ton]}$$

La verifica a scorrimento è soddisfatta:

$$F_{h,SLV} = 7.94 \text{ [ton]} \leq R_d = 245 \text{ [ton]}$$

[OK, Verificato]

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE   Engineering and Technical Services S.p.A.  ARCHITETTI ASSOCIATI	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4800106</td> <td>B</td> <td>72 di 119</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	72 di 119
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	72 di 119								

11.4.1.2 Verifica dei cedimenti allo SLE

In questo punto si riporta il calcolo dei cedimenti allo stato limite di esercizio. Il limite di cedimento è assunto pari ad (vedi autori Lancellotta, Viggiani):

$$w_{lim} = 50 \text{ [mm]}$$

Allo stato limite di esercizio sulla fondazione è presente un carico concentrato pari ad:

TABLE: Base Reactions							
OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ	GlobalMX	GlobalMY
Text	Text	Text	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m
SLE ENV	Combination	Max	3.9961	7.5411	374.3509	12.04211	-19.15256

$$Q_{sle} = 374 \text{ [ton]}$$

$$M_{x,sle} = 12 \text{ [tonm]}$$

$$M_{y,sle} = -19 \text{ [tonm]}$$

Verifiche Cedimenti Edometrici

Piano	Rettangolo	Fam	Cmb	q	qN	$\sigma'v0$	WTot
k.Wink.				[Pa]	[Pa]	[Pa]	[mm]
[N/cm ³]	fondazione						
0	Trave 1						
sez.0	4	1	107339	97507	9832	13.465	7.9715
0	Trave 1						
sez.1	4	1	107348	97516	9832	13.467	7.9714
0	Trave 1						
sez.2	4	1	107357	97525	9832	13.467	7.9717
0	Trave 2						
sez.0	4	1	107360	97528	9832	13.468	7.9714
0	Trave 2						
sez.1	4	1	107364	97532	9832	13.469	7.971
0	Trave 2						
sez.2	4	1	107357	97525	9832	13.467	7.9717
0	Trave 3						
sez.0	4	1	107352	97520	9832	13.467	7.9715
0	Trave 3						
sez.1	4	1	107345	97513	9832	13.466	7.9714
0	Trave 3						
sez.2	4	1	107328	97496	9832	13.464	7.9716
0	Trave 4						
sez.0	4	1	118327	108495	9832	15.242	7.7634
0	Trave 4						
sez.1	4	1	118326	108494	9832	15.243	7.7627
0	Trave 4						
sez.2	4	1	118328	108496	9832	15.241	7.7639
0	Trave 5						

NOME DOCUMENTO

AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS -
STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	73 di 119

sez.0	4	1	118327	108495	9832	15.241	7.7637
0	Trave 5						
sez.1	4	1	118327	108494	9832	15.241	7.7636
0	Trave 5						
sez.2	4	1	118323	108491	9832	15.24	7.764
0	Trave 6						
sez.0	4	1	118325	108492	9832	15.241	7.7637
0	Trave 6						
sez.1	4	1	118326	108494	9832	15.241	7.7636
0	Trave 6						
sez.2	4	1	118327	108495	9832	15.241	7.7639
0	Trave 7						
sez.0	4	1	141089	131257	9832	18.662	7.5604
0	Trave 7						
sez.1	4	1	141129	131297	9832	18.669	7.5596
0	Trave 7						
sez.2	4	1	141132	131300	9832	18.664	7.5617
0	Trave 8						
sez.0	4	1	141120	131288	9832	18.664	7.5611
0	Trave 8						
sez.1	4	1	141098	131266	9832	18.662	7.5607
0	Trave 8						
sez.2	4	1	141062	131230	9832	18.656	7.5614
0	Trave 9						
sez.0	4	1	141000	131168	9832	18.65	7.5602
0	Trave 9						
sez.1	4	1	141030	131198	9832	18.654	7.5602
0	Trave 9						
sez.2	4	1	141070	131238	9832	18.657	7.5612
0	Trave 10						
sez.0	4	1	213912	204080	9832	29.52	7.2464
0	Trave 10						
sez.1	4	1	214475	204643	9832	29.587	7.2488
0	Trave 10						
sez.2	4	1	214199	204367	9832	29.549	7.2488
0	Trave 11						
sez.0	4	1	214023	204191	9832	29.53	7.2476
0	Trave 11						
sez.1	4	1	213813	203981	9832	29.508	7.246
0	Trave 11						
sez.2	4	1	213579	203747	9832	29.482	7.2444
0	Trave 12						
sez.0	4	1	213029	203197	9832	29.238	7.2861
0	Trave 12						
sez.1	4	1	213254	203422	9832	29.447	7.2419
0	Trave 12						
sez.2	4	1	213655	203823	9832	29.49	7.245
0	Trave 13						
sez.0	4	1	153324	143492	9832	20.48	7.4864
0	Trave 13						
sez.1	4	1	153322	143490	9832	20.481	7.4859
0	Trave 13						
sez.2	4	1	153328	143496	9832	20.48	7.4869
0	Trave 14						
sez.0	4	1	153328	143496	9832	20.48	7.4867
0	Trave 14						
sez.1	4	1	153325	143493	9832	20.48	7.4866
0	Trave 14						
sez.2	4	1	153314	143482	9832	20.478	7.4869
0	Trave 15						
sez.0	4	1	153316	143484	9832	20.479	7.4866
0	Trave 15						
sez.1	4	1	153322	143490	9832	20.48	7.4865
0	Trave 15						
sez.2	4	1	153324	143492	9832	20.479	7.4869

NOME DOCUMENTO

 AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS -
 STRUTTURE: RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	74 di 119

0	Trave 16						
sez.0	4	1	124452	114620	9832	16.074	7.7424
0	Trave 16						
sez.1	4	1	124461	114629	9832	16.077	7.7418
0	Trave 16						
sez.2	4	1	124444	114612	9832	16.072	7.7429
0	Trave 17						
sez.0	4	1	124435	114603	9832	16.072	7.7426
0	Trave 17						
sez.1	4	1	124419	114587	9832	16.07	7.7423
0	Trave 17						
sez.2	4	1	124382	114550	9832	16.065	7.7426
0	Trave 18						
sez.0	4	1	124405	114573	9832	16.068	7.7424
0	Trave 18						
sez.1	4	1	124426	114594	9832	16.071	7.7424
0	Trave 18						
sez.2	4	1	124444	114612	9832	16.072	7.7429

Si calcola un cedimento massimo allo stato limite di esercizio pari ad:

$$w = 30 \text{ [mm]}$$

La verifica è soddisfatta:

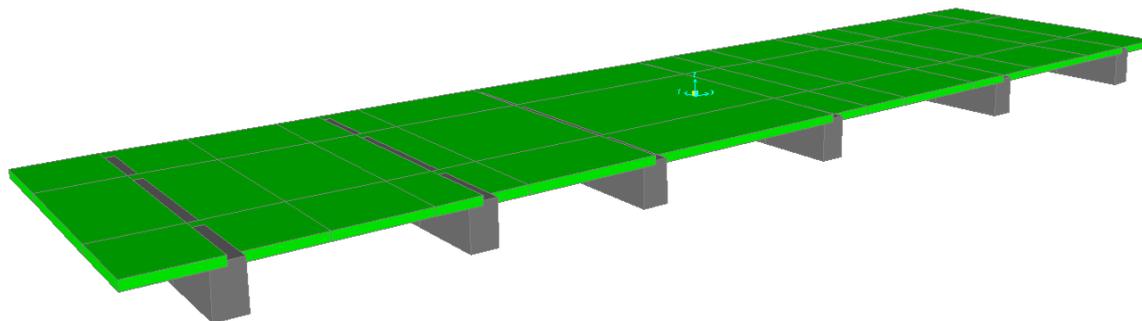
$$w = 30 \text{ [mm]} \leq w_{lim} = 50 \text{ [mm]}$$

[OK, Verificato]

11.4.2 Verifica della fondazione

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4800106</td> <td>B</td> <td>75 di 119</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	75 di 119
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	75 di 119								

L'opera in fondazione è composta da travi di fondazione in calcestruzzo gettato in opera collegate in testa grazie ad una soletta sempre in calcestruzzo armato non appoggiata a terra.



Le sollecitazioni presenti sulla platea sono influenzate dall'iterazione tra terreno e fondazione, pertanto le verifiche di resistenza riportate al presente punto sono condotte considerando le sollecitazioni calcolate mediante modello con fondazione rigida e flessibile.

11.4.2.1.1 Verifica Travi di fondazione

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4800106</td> <td>B</td> <td>76 di 119</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	76 di 119
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	76 di 119								

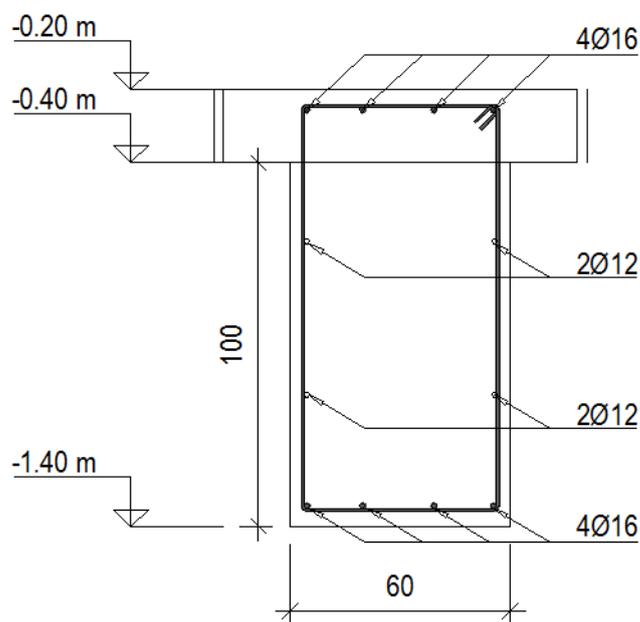
Al presente punto si riporta la verifica di resistenza delle travi di fondazione a flessione e taglio. Le sollecitazioni sono calcolate considerando la fondazione come rigida in modo da massimizzare le sollecitazioni sugli elementi resistenti presenti in fondazione.

11.4.2.1.1.1 Verifica a flessione fondazione rigida

La verifica a flessione viene condotta con le sollecitazioni calcolate mediante la combinazione più gravosa, che in questo specifico caso è allo stato limite ultimo SLU. Le travi presentano la seguente geometria e armatura:

4 + 4Ø16 barre longitudinali

1Ø8/20 Staffe a 2 braccia



NOME DOCUMENTO

AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS -
STRUTTURE: RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA

E21D

LOTTO

00 D Z3

CODIFICA

RH

DOCUMENTO

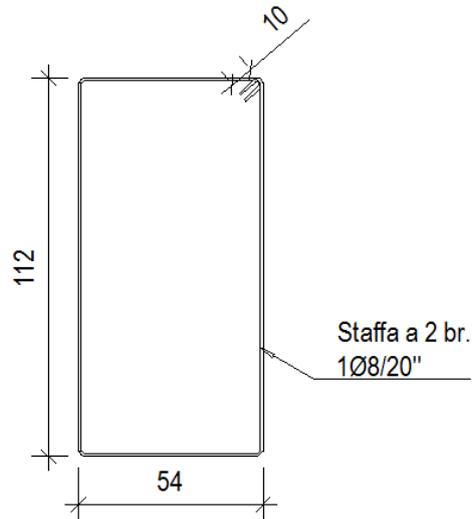
FA4800106

REV.

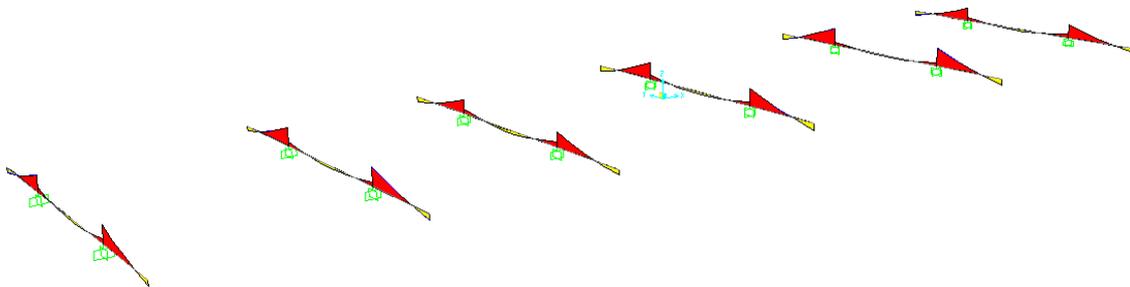
B

FOGLIO

77 di 119



SLU:

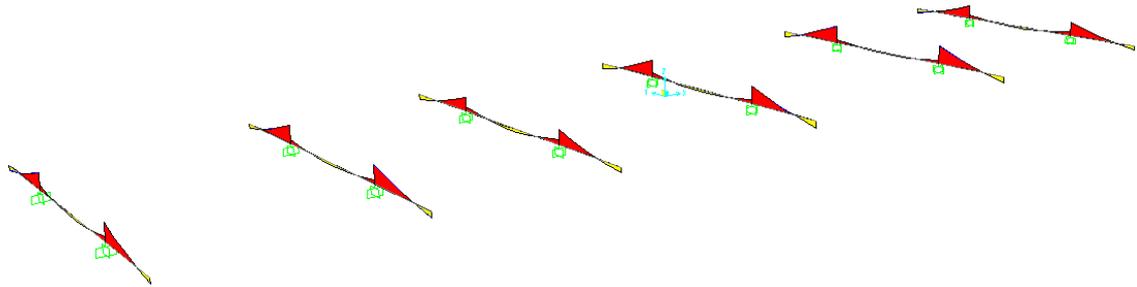


$$M_{max} = 20 [tm]$$

NOME DOCUMENTO
 AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS -
 STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	78 di 119

SLV:



$$M_{max} = 12 [tm]$$

Il momento resistente della trave è il seguente:

Titolo:		N° strati barre 1 Zoom		Tipo Sezione <input checked="" type="radio"/> Rettan.re <input type="radio"/> Trapezi <input type="radio"/> a T <input type="radio"/> Circolare <input type="radio"/> Rettangoli <input type="radio"/> Coord.	
N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	60	100	1	6,16	90
Sollecitazioni			P.to applicazione N		
S.L.U. Metodo n			<input checked="" type="radio"/> Centro <input type="radio"/> Baricentro cls <input type="radio"/> Coord.[cm]		
N _{Ed}	0	0	Tipo rottura		Lato acciaio - Acciaio snervato
M _{Ed}	0	0	M _{xRd} 213,3 kN m		
M _{yEd}	0	0	σ _c -14,17 N/mm² σ _s 391,3 N/mm² ε _c 2,86 ‰ ε _s 67,5 ‰ d 90 cm x 3,659 x/d 0,04065 δ 0,7		
Materiali B450C C25/30 ε _{su} 67,5 ‰ ε _{c2} 2 ‰ f _{yd} 391,3 N/mm² ε _{cu} 3,5 ‰ E _s 200.000 N/mm² f _{cd} 14,17 ‰ E _s /E _c 15 f _{cc} /f _{cd} 0,8 ε _{syd} 1,957 ‰ σ _{c,adm} 9,75 ‰ σ _{s,adm} 255 N/mm² τ _{co} 0,6 τ _{c1} 1,829					
Metodo di calcolo <input checked="" type="radio"/> S.L.U. <input type="radio"/> S.L.U. <input checked="" type="radio"/> Metodo n Tipo flessione <input checked="" type="radio"/> Retta <input type="radio"/> Deviate N° rett. 100 Calcola MRd Dominio M-N L ₀ 0 cm Col. modello <input type="checkbox"/> Precompresso					

La verifica è soddisfatta:

$$M_{Ed} = 20 [tm] \leq M_{Rd} = 21 [tm]$$

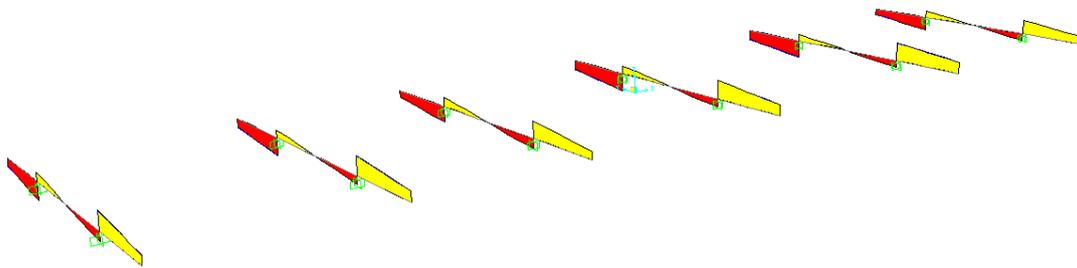
[OK, Verificato]

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4800106</td> <td>B</td> <td>79 di 119</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	79 di 119
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	79 di 119								

11.4.2.1.1.2 Verifica a taglio fondazione Rigida

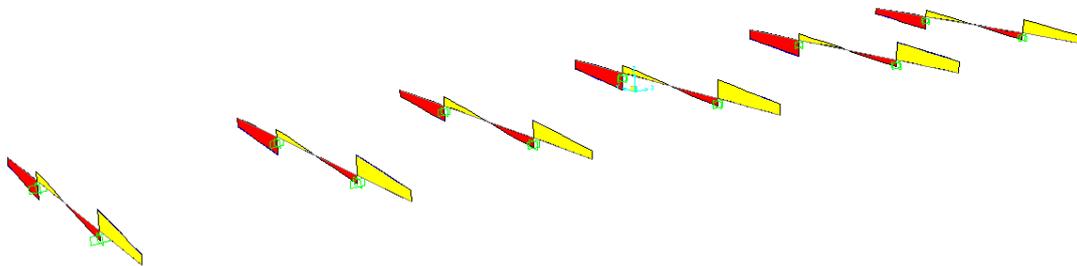
Al presente punto si verifica la trave di fondazione a taglio. Le sollecitazioni massime sono le seguenti:

SLU:

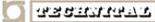


$$V_{max} = 16 \text{ [ton]}$$

SLV:



$$V_{max} = 9,85 \text{ [ton]}$$

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE   Engineering and Technical Services S.p.A.  ARCHITETTI ASSOCIATI	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">COMMESSA</td> <td style="width: 15%;">LOTTO</td> <td style="width: 15%;">CODIFICA</td> <td style="width: 15%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 15%;">REV.</td> <td style="width: 15%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">E21D</td> <td style="text-align: center;">00 D Z3</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">FA4800106</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">80 di 119</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	80 di 119
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	80 di 119								

La capacità a taglio della sezione è la seguente:

VERIFICA A TAGLIO TRAVE IN C.A								
TAGLIO DI PROGETTO Ved (kg)							17500	
LUNGHEZZA TRAVE (m)							1.00	
CALCOLO Passo staffe								
d	Asw	fyd	ctg(teta)	ctg(alfa)	sen(alfa)	Vrsd	s	
(mm)	(mm^2)	(Mpa)	(/)	(/)	(/)	(N)	(mm)	
1120	100.48	391	1	0.00	1	175000	226	
						198010	200	
Area As (mm^2)							804	
Ved<=As*fyd*sen(alfa) (N)							314364	VERIFICATO
fcd	bw	ni	alfa_c					
(Mpa)	(mm)	(/)	(/)					
14.16667	600	0.5	1					
ROTTURA LATO ACCIAIO SE E SOLO SE VRcd>VRsd (N)							2142000	VERIFICATO
Ved<=0.5*bw*Asw*ni*fcd (N)							2380000	VERIFICATO

Con una staffa da 8 mm ogni 20 cm si verifica una capacità a taglio pari ad:

$$V_{Rd} = 19,80 \text{ [ton]}$$

La verifica è soddisfatta:

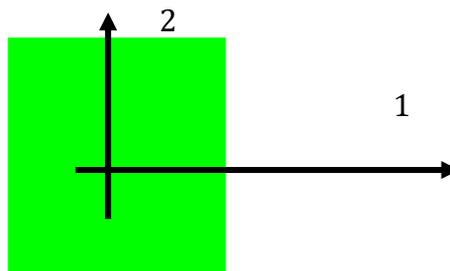
$$V_{Ed} = 16 \text{ [ton]} \leq M_{Rd} = 19,80 \text{ [ton]}$$

[OK, Verificato]

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4800106</td> <td>B</td> <td>81 di 119</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	81 di 119
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	81 di 119								

11.4.3 Verifica Soletta di fondazione

Al presente punto si riporta la verifica a flessione della soletta. Per comprendere la direzione delle sollecitazioni sulla platea si considera il seguente sistema di riferimento:



Direzione 1:

In direzione 1 con un'armatura diffusa composta da:

1Ø12/20 '' (sopra)

1Ø12/20 '' (sotto)

Il momento resistente di una striscia di platea larga un metro è pari ad:

Titolo : _____

N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	20	1	5,65	5
			2	5,65	15

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed} kN

M_{xEd} kNm

M_{yEd}

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls

Coord.[cm] xN yN

Tipo rottura

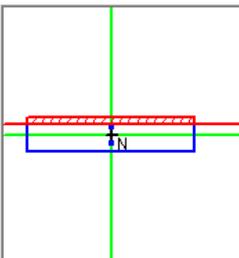
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Tipo Sezione

Rettan.re Trapezi

a T Circolare

Rettangoli Coord.



Materiali

B450C **C25/30**

ε_{su} ‰ ε_{c2} ‰

f_{yd} N/mm² ε_{cu} ‰

E_s N/mm² f_{cd} ‰

E_s/E_c f_{cc}/f_{cd} ?

ε_{syd} ‰ σ_{c,adm} ‰

σ_{s,adm} N/mm² τ_{co} ‰

τ_{c1} ‰

M_{xRd} kN m

σ_c N/mm²

σ_s N/mm²

ε_c ‰

ε_s ‰

d cm

x x/d δ

Metodo di calcolo

S.L.U.+ S.L.U.-

Metodo n

Tipo flessione

Retta Deviata

N° rett.

Calcola MRd Dominio M-N

L₀ cm Col. modello

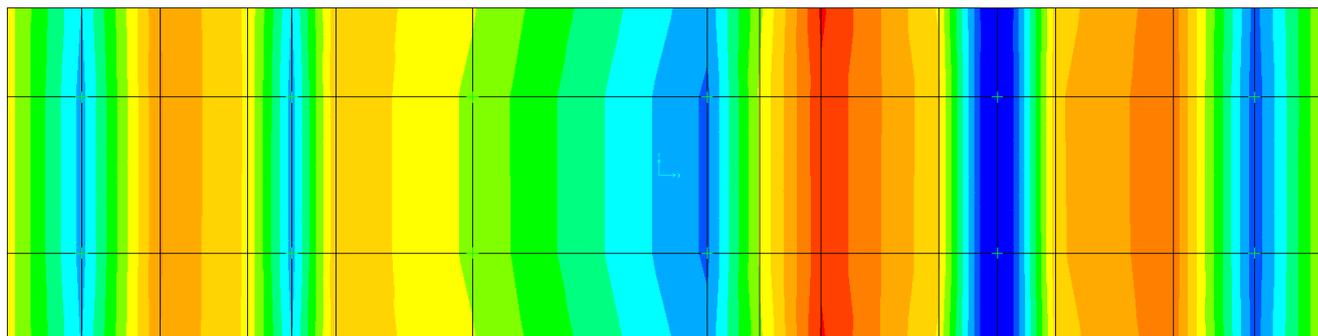
Precompresso

$$M_{Rd} = 3,6 \text{ [tm]}$$

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4800106</td> <td>B</td> <td>82 di 119</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	82 di 119
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	82 di 119								

Fondazione Rigida:

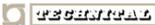
Con il momento resistente calcolato si ha il rispetto della verifica di resistenza nelle zone campite dal fuxia al celeste



Momento Aree in Fuxia
3,6 [tm]

Momento Aree in Celeste
3,6 [tm]

[OK, Verificato]

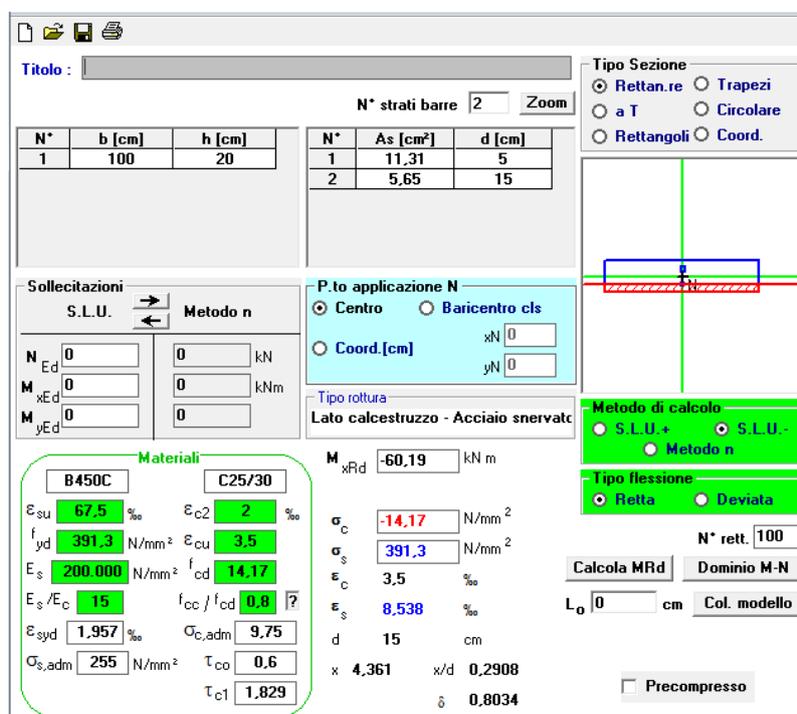
 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE   	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4800106</td> <td>B</td> <td>83 di 119</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	83 di 119
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	83 di 119								

Nelle zone in cui non si ha il rispetto delle verifiche di resistenza (estradosso delle travi di fondazione) si predispone la seguente armatura aggiuntiva:

$1\emptyset 12/20'' + 1\emptyset 12/20''$ (sopra)

$1\emptyset 12/20'''$ (sotto)

Il momento resistente di una striscia di platea larga un metro è pari ad:



The screenshot shows a software interface for structural analysis. Key sections include:

- Titolo:** [Empty field]
- N° strati barre:** 2
- Table 1:**

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	20
- Table 2:**

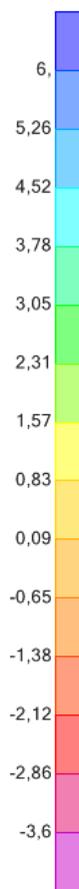
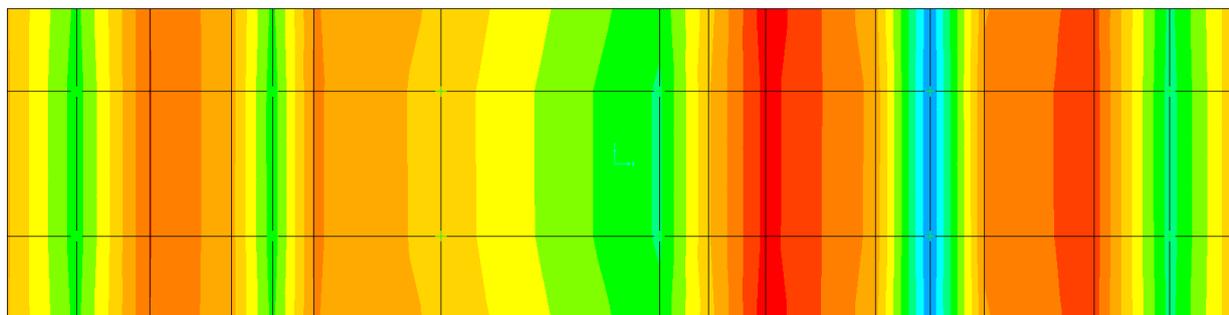
N°	As [cm²]	d [cm]
1	11,31	5
2	5,65	15
- Sollecitazioni:** S.L.U. / Metodo n
- P.to applicazione N:** Centro / Baricentro cls
- Materiali:**
 - B450C: $E_{su} = 67,5$ ‰, $f_{yd} = 391,3$ N/mm², $E_s = 200.000$ N/mm², $E_s/E_c = 15$, $\sigma_{s,adm} = 255$ N/mm²
 - C25/30: $\epsilon_{c2} = 2$ ‰, $\epsilon_{cu} = 3,5$, $f_{cd} = 14,17$, $\sigma_{c,adm} = 9,75$, $\tau_{co} = 0,6$, $\tau_{c1} = 1,829$
- Calcolo:** $M_{xRd} = -60,19$ kN m, $\sigma_c = -14,17$ N/mm², $\sigma_s = 391,3$ N/mm², $\epsilon_c = 3,5$ ‰, $\epsilon_s = 8,538$ ‰, $d = 15$ cm, $x = 4,361$, $x/d = 0,2908$, $\delta = 0,8034$
- Metodo di calcolo:** S.L.U.+ / Metodo n
- Tipo flessione:** Retta / Deviata
- Calcoli:** Calcola MRd, Dominio M-N, $L_0 = 0$ cm, Col. modello
- Precompresso:** [Checked]

$$M_{Rd} = 6 \text{ [tm]}$$

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4800106</td> <td>B</td> <td>84 di 119</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	84 di 119
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	84 di 119								

Fondazione Rigida:

Con il momento resistente calcolato si ha il rispetto della verifica di resistenza nelle zone campite dal fuxia al blu.



Momento Aree in Rosso
3,6 [tm]

Momento Aree in Blu
6,00 [tm]

[OK, Verificato]

NOME DOCUMENTO

 AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS -
 STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	85 di 119

Direzione 2:

In direzione 2 con un'armatura diffusa composta da:

1Ø12/20 " (sopra)

1Ø12/20 " (sotto)

Il momento resistente di una striscia di platea larga un metro è pari ad:

Titolo : _____

N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	20

N°	As [cm²]	d [cm]
1	5,65	5
2	5,65	15

Tipo Sezione

Rettan.re Trapezi

a T Circolare

Rettangoli Coord.

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed} kN

M_{xEd} kNm

M_{yEd} kNm

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls

Coord.[cm] xN yN

Tipo rottura

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali

B450C	C25/30
ε _{su} 67,5 ‰	ε _{c2} 2 ‰
f _{yd} 391,3 N/mm²	ε _{cu} 3,5 ‰
E _s 200.000 N/mm²	f _{cd} 14,17
E _s /E _c 15	f _{cc} /f _{cd} 0,8
ε _{syd} 1,957 ‰	σ _{c,adm} 9,75
σ _{s,adm} 255 N/mm²	τ _{co} 0,6
	τ _{cl} 1,829

M_{xRd} kN m

σ_c N/mm²

σ_s N/mm²

ε_c ‰

ε_s ‰

d cm

x x/d δ

Metodo di calcolo

S.L.U.+ S.L.U.-

Metodo n

Tipo flessione

Retta Deviata

N° rett.

Calcola MRd Dominio M-N

L₀ cm Col. modello

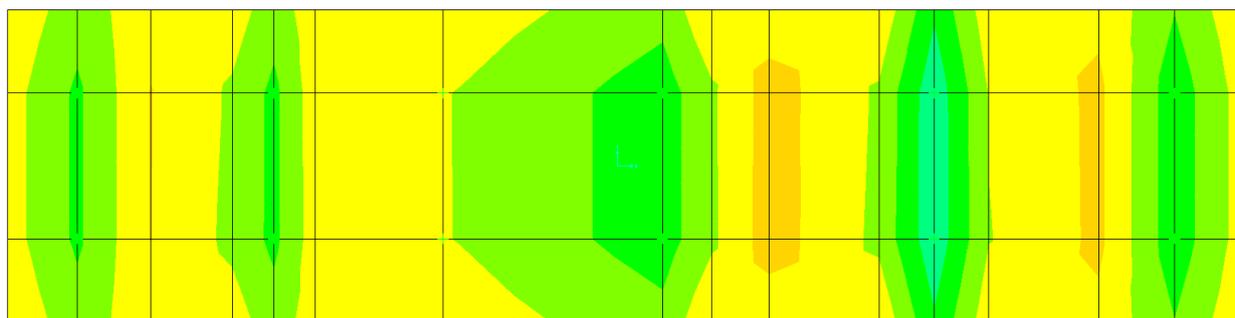
Precompresso

$$M_{Rd} = 3,6 \text{ [tm]}$$

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4800106</td> <td>B</td> <td>86 di 119</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	86 di 119
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	86 di 119								

Fondazione Rigida:

Con il momento resistente calcolato si ha il rispetto della verifica di resistenza nelle zone campite dal fuxia al blu



Momento Aree in Fuxia
3,6 [tm]

Momento Aree in Blu
3,6 [tm]

[OK, Verificato]

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4800106</td> <td>B</td> <td>87 di 119</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	87 di 119
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	87 di 119								

11.5 Analisi conclusive in merito alla verifica delle fondazioni

In seguito alle analisi svolte ed alle valutazioni effettuate sui risultati ottenuti in termini di resistenza e di deformabilità è possibile affermare che l'organismo strutturale così progettato e tutti gli elementi che lo compongono rispettano i limiti e le prestazioni richieste da normativa.

Inoltre si dispone la seguente prescrizione:

La relazione geologica a nostra disposizione non riporta delle indagini penetrometriche riferite al sito della costruzione. Pertanto nelle verifiche riportate ai punti precedenti si impiegano dei parametri geotecnici cautelativi i quali in fase esecutiva dovranno essere opportunamente verificati mediante prove geologiche in sito. Inoltre la fondazione oggetto di verifica è progettata considerando un andamento altimetrico del terreno pianeggiante. Nel caso in cui tale ipotesi non risulti essere verificata si deve necessariamente modificare la tipologia di fondazione inserendo pali e/o muri di sostegno.

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4800106</td> <td>B</td> <td>88 di 119</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	88 di 119
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	88 di 119								

12. Verifica delle fondazioni- modello Ferraris 2

Nella presente relazione di calcolo si riportano le verifiche inerenti alla sola struttura di fondazione intese come:

- Verifiche strutturali
- Verifiche geotecniche

Le verifiche geotecniche sono svolte come previsto dalla NTC del 2018 al punto 6.4.3.1 seguendo la combinazione di calcolo:

A1+M1+R3

Si precisa come la relazione geologica a nostra disposizione non riporti delle indagini penetrometriche riferite al sito della costruzione. Pertanto nelle verifiche riportate nei seguenti punti si impiegano dei parametri geotecnici cautelativi i quali in fase esecutiva dovranno essere opportunamente verificati mediante prove geologiche in sito. Inoltre la fondazione oggetto di verifica è progettata considerando un andamento altimetrico del terreno pianeggiante. Nel caso in cui tale ipotesi non risulti essere verificata si deve necessariamente modificare la tipologia di fondazione inserendo pali e/o muri di sostegno.

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS - STRUTTURE: RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">E21D</td> <td style="text-align: center;">00 D Z3</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">FA4800106</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">89 di 119</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	89 di 119
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	89 di 119								

12.1 CARATTERIZZAZIONE DEL TERRENO

Le caratteristiche meccaniche del terreno presente in sito sono le seguenti:

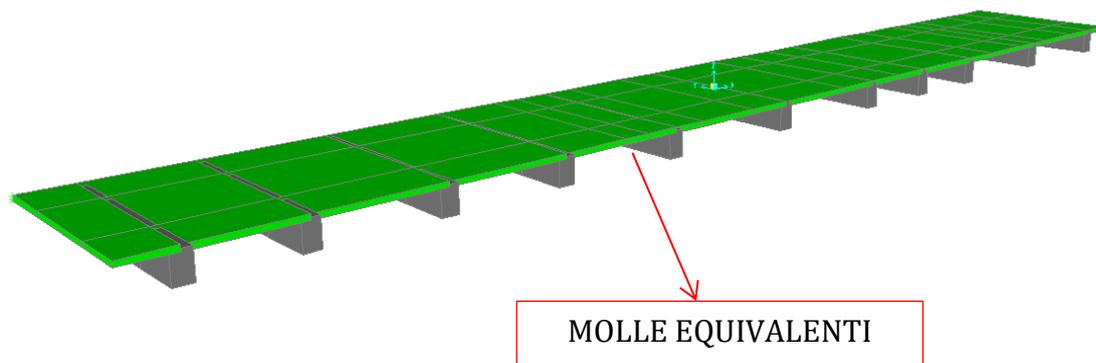
- Strato di Terreno argilloso spesso 15 m avente:

N	Descrizione	Classe	Tipo	Classe 2	Potenza [m]	γ [kN/m ³]	φ' [°]	φ'_{cv} [°]	Dr [%]	IC	c' [kPa]	c_u [kPa]	ν	NSPT	OCR	$\Delta\sigma'_p$ [kPa]	E_{ed} [MPa]	CR	RR	CR/RR	FC [%]
1	omogeneo	limo	fine	argillosa	15	18	25	25	1	0.4	8	100	0.3	30	1		5			8	0

Vista la presenza di un terreno principalmente a grana fine, si ritiene opportuno considerare la posizione della falda alla quota del piano di posa della fondazione.

12.2 Modello di Calcolo della Fondazione con Winkler

La fondazione dell'opera è analizzata mediante apposito modello agli elementi finiti in cui i vincoli di incastro perfetto sono sostituiti da apposite molle dotate di opportuna rigidità a simulare l'iterazione tra travi di fondazione ed il terreno. Si riporta nell'immagine sottostante la fondazione impiegata:



L'iterazione tra la struttura di fondazione e il terreno è stata condotta tramite il modello di Winkler. Il calcolo della rigidità da assegnare alla molla è condotto calcolando prima il cedimento medio al di sotto del centro della fondazione. Noto il cedimento si calcola la rigidità della molla con il rapporto tra il carico distribuito presente sulla platea ed il cedimento

$$K_w = \frac{\Delta q_{slu}}{W}$$

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">E21D</td> <td style="text-align: center;">00 D Z3</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">FA4800106</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">90 di 119</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	90 di 119
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	90 di 119								

12.2.1 Calcolo della costante elastica di Winkler

Considerando la combinazione quasi permanente è presente in fondazione, in corrispondenza del baricentro delle masse della sovrastruttura, un carico concentrato pari ad:

TABLE: Base Reactions

OutputCase	CaseType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ	GlobalMX	GlobalMY
Text	Text	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m
quasi permanente	Combination	3.579E-13	7.726E-15	396.5828	-1.48E-12	-2.72087

$$Q_{\text{quasi permanente}} = 396 \text{ [ton]}$$

$$M_{x,slu} = 0 \text{ [tonm]}$$

$$M_{y,slu} = -2.72 \text{ [tonm]}$$

Tale risultante dei carichi è desunta considerando sulla fondazione la presenza:

- Pensilina del capolinea
- Box sottostanti alla pensilina del capolinea

La fondazione è composta da travi spesse 60 cm e profonde circa 100 cm collegate in testa mediante soletta in calcestruzzo spessa 20 cm non appoggiata a terra. Il piano di posa della fondazione è posto a quota -1.40 m dal piano campagna. Il terreno su cui poggia la fondazione è composto principalmente da terreno coesivo. Il calcolo dei cedimenti avviene mediante il metodo Edometrico. Si riporta la stratigrafia ipotizzata per il sito di costruzione dell'opera:

NOME DOCUMENTO

 AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS -
 STRUTTURE: RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	91 di 119

Stratigrafie

N	Descrizione	falda [m]	Strati
1	Tipo A		0 1 strati: Htot =15

Strati stratigrafia Tipo A (1 strati: Htot =15)

N	Descrizione	Classe	Tipo	Classe 2	Potenza [m]	γ [kN/m ³]	φ' [°]	φ'_{cv} [°]	Dr [%]	IC	c' [kPa]	c_u [kPa]	v	NSPT	OCR	$\Delta\sigma'_p$ [kPa]	E_{ed} [MPa]	CR	RR	CR/RR	FC [%]
1	omogeneo	limo	fine	argillosa	15	18	25	25	1	0.4	8	100	0.3	30	1		5			8	0

Si riporta il calco del cedimento:

Verifiche Cedimenti Edometrici

Piano	Rettagolo	Fam	Cmb	q	qN	σ'_{v0}	WTot
k.Wink.							
	fondazione			[Pa]	[Pa]	[Pa]	[mm]
[N/cm ²]							
0	Trave 1						
sez.0	4	1	86200	76368	9832	10.194	8.4563
0	Trave 1						
sez.1	4	1	86208	76376	9832	10.195	8.4562
0	Trave 1						
sez.2	4	1	86215	76383	9832	10.195	8.4565
0	Trave 2						
sez.0	4	1	86218	76386	9832	10.196	8.4561
0	Trave 2						
sez.1	4	1	86221	76389	9832	10.197	8.4556
0	Trave 2						
sez.2	4	1	86215	76383	9832	10.195	8.4565
0	Trave 3						
sez.0	4	1	86211	76379	9832	10.195	8.4563
0	Trave 3						
sez.1	4	1	86205	76373	9832	10.194	8.4562
0	Trave 3						
sez.2	4	1	86192	76360	9832	10.192	8.4566
0	Trave 4						
sez.0	4	1	93155	83323	9832	11.344	8.2121
0	Trave 4						
sez.1	4	1	93157	83325	9832	11.344	8.2121
0	Trave 4						
sez.2	4	1	93159	83327	9832	11.344	8.2123
0	Trave 5						
sez.0	4	1	93153	83321	9832	11.343	8.212
0	Trave 5						
sez.1	4	1	93150	83318	9832	11.343	8.2118
0	Trave 5						
sez.2	4	1	93154	83322	9832	11.343	8.2122
0	Trave 6						
sez.0	4	1	93158	83326	9832	11.344	8.2122
0	Trave 6						
sez.1	4	1	93156	83324	9832	11.344	8.2121
0	Trave 6						
sez.2	4	1	93154	83322	9832	11.343	8.2122
0	Trave 7						
sez.0	4	1	94158	84326	9832	11.46	8.2163
0	Trave 7						

NOME DOCUMENTO

AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS -
STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	92 di 119

sez.1	4	1	94156	84324	9832	11.46	8.2161
0	Trave 7						
sez.2	4	1	94158	84325	9832	11.46	8.2164
0	Trave 8						
sez.0	4	1	94158	84326	9832	11.46	8.2164
0	Trave 8						
sez.1	4	1	94157	84325	9832	11.46	8.2164
0	Trave 8						
sez.2	4	1	94157	84325	9832	11.46	8.2164
0	Trave 9						
sez.0	4	1	94158	84326	9832	11.46	8.2164
0	Trave 9						
sez.1	4	1	94158	84326	9832	11.46	8.2164
0	Trave 9						
sez.2	4	1	94158	84326	9832	11.46	8.2164
0	Trave 10						
sez.0	4	1	98686	88854	9832	12.223	8.0737
0	Trave 10						
sez.1	4	1	98677	88845	9832	12.223	8.0731
0	Trave 10						
sez.2	4	1	98667	88835	9832	12.22	8.0742
0	Trave 11						
sez.0	4	1	98664	88832	9832	12.22	8.0738
0	Trave 11						
sez.1	4	1	98659	88827	9832	12.22	8.0736
0	Trave 11						
sez.2	4	1	98651	88819	9832	12.218	8.0742
0	Trave 12						
sez.0	4	1	98685	88852	9832	12.223	8.0739
0	Trave 12						
sez.1	4	1	98687	88855	9832	12.223	8.0737
0	Trave 12						
sez.2	4	1	98688	88856	9832	12.222	8.0743
0	Trave 13						
sez.0	4	1	117022	107190	9832	14.958	7.8232
0	Trave 13						
sez.1	4	1	116963	107131	9832	14.953	7.8223
0	Trave 13						
sez.2	4	1	116226	106394	9832	14.868	7.8174
0	Trave 14						
sez.0	4	1	116062	106230	9832	14.849	7.8162
0	Trave 14						
sez.1	4	1	115892	106060	9832	14.83	7.8149
0	Trave 14						
sez.2	4	1	115718	105886	9832	14.81	7.8137
0	Trave 15						
sez.0	4	1	116630	106798	9832	14.914	7.8204
0	Trave 15						
sez.1	4	1	116740	106908	9832	14.926	7.8212
0	Trave 15						
sez.2	4	1	116925	107093	9832	14.947	7.8226
0	Trave 16						
sez.0	4	1	100053	90221	9832	12.381	8.0812
0	Trave 16						
sez.1	4	1	100045	90213	9832	12.381	8.0806
0	Trave 16						
sez.2	4	1	100035	90203	9832	12.378	8.0815
0	Trave 17						
sez.0	4	1	100031	90199	9832	12.378	8.0812
0	Trave 17						
sez.1	4	1	100026	90194	9832	12.378	8.0811
0	Trave 17						
sez.2	4	1	100018	90186	9832	12.376	8.0815
0	Trave 18						
sez.0	4	1	100051	90219	9832	12.381	8.0813

NOME DOCUMENTO

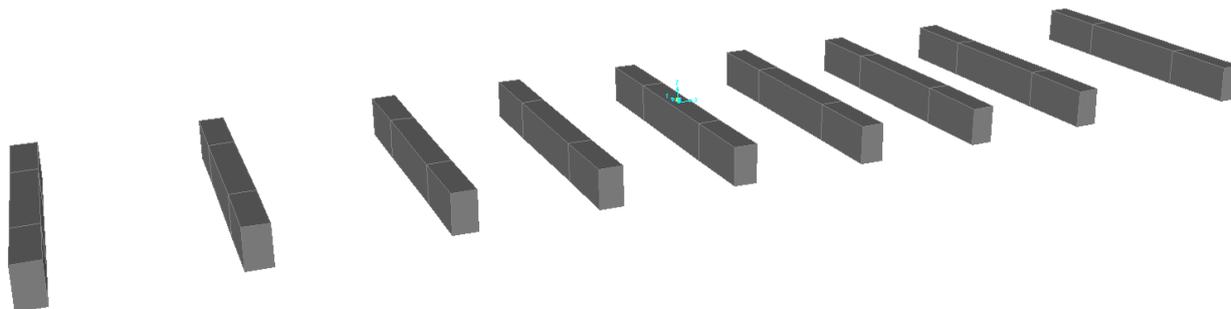
 AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS -
 STRUTTURE: RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	93 di 119

0	Trave 18							
sez.1	4	1	100053	90221	9832	12.381	8.0812	
0	Trave 18							
sez.2	4	1	100054	90222	9832	12.38	8.0816	
0	Trave 19							
sez.0	4	1	98148	88316	9832	12.04	8.1521	
0	Trave 19							
sez.1	4	1	98146	88314	9832	12.039	8.1521	
0	Trave 19							
sez.2	4	1	98148	88316	9832	12.039	8.1522	
0	Trave 20							
sez.0	4	1	98149	88317	9832	12.04	8.1521	
0	Trave 20							
sez.1	4	1	98149	88317	9832	12.04	8.1521	
0	Trave 20							
sez.2	4	1	98149	88317	9832	12.04	8.1522	
0	Trave 21							
sez.0	4	1	98150	88318	9832	12.04	8.1521	
0	Trave 21							
sez.1	4	1	98150	88318	9832	12.04	8.1521	
0	Trave 21							
sez.2	4	1	98149	88317	9832	12.039	8.1522	
0	Trave 22							
sez.0	4	1	95975	86143	9832	11.789	8.1411	
0	Trave 22							
sez.1	4	1	95970	86138	9832	11.788	8.141	
0	Trave 22							
sez.2	4	1	95959	86127	9832	11.787	8.1412	
0	Trave 23							
sez.0	4	1	95979	86147	9832	11.79	8.141	
0	Trave 23							
sez.1	4	1	95981	86149	9832	11.79	8.1407	
0	Trave 23							
sez.2	4	1	95977	86145	9832	11.789	8.1412	
0	Trave 24							
sez.0	4	1	95966	86134	9832	11.788	8.141	
0	Trave 24							
sez.1	4	1	95972	86140	9832	11.789	8.141	
0	Trave 24							
sez.2	4	1	95977	86145	9832	11.789	8.1412	

Nella tabella precedente si riporta il carico agente su ciascuna trave, il relativo cedimento calcolato con anche il valore di rigidezza della molla. Tali valori di rigidezza sono assegnati alle travi di fondazione:

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">COMMESSA</td> <td style="width: 15%;">LOTTO</td> <td style="width: 15%;">CODIFICA</td> <td style="width: 15%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 15%;">REV.</td> <td style="width: 15%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">E21D</td> <td style="text-align: center;">00 D Z3</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">FA4800106</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">94 di 119</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	94 di 119
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	94 di 119								



La costante di Winkler mediata tra tutte le travi è circa la seguente:

$$K_W = \frac{\Delta q_{slu}}{W} = 0,8 \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}^3} \right]$$

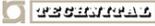
12.3 Confronto tra modello con fondazione rigida e flessibile

Al presente punto si riporta il confronto tra il modello con fondazione rigida (vincoli di incastro perfetto) con cui si sono valutate le sollecitazioni sulla struttura in elevazione ed il modello con fondazione flessibile (vincoli con molle) con cui si verifica la struttura di fondazione. Prima di procedere in questo modo la NTC del 2018 richiede al punto 7.2.6 punto b) che la risultante di taglio alla base e di sforzo normale calcolata con la fondazione flessibile deve essere almeno pari al 70% della risultante di taglio alla base e sforzo normale calcolati con modello di calcolo con fondazione rigida e spettro di risposta con suolo di tipo A. Si dimostra nel seguito il rispetto di tale disuguaglianza:

Fondazione rigida:

Nel caso in esame i valori di taglio alla base e sforzo normale calcolati allo SLV con modello con fondazione rigida sono i seguenti:

TABLE: Base Reactions					
OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ
Text	Text	Text	Tonf	Tonf	Tonf
SISMA X	Combination	Max	4.8576	0.7478	396.7029
SISMA X	Combination	Min	-4.8576	-0.7478	396.4627
SISMA Y	Combination	Max	1.4573	2.4926	396.6188
SISMA Y	Combination	Min	-1.4573	-2.4926	396.5468

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE   	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">E21D</td> <td style="text-align: center;">00 D Z3</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">FA4800106</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">95 di 119</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	95 di 119
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	95 di 119								

Le risultanti:

$$T_{\text{base,comb.SLV-X,rigida}} = \sqrt{F_X^2 + F_Y^2} = 4.92 \text{ [ton]}$$

$$T_{\text{base,comb.SLV-Y,rigida}} = \sqrt{F_X^2 + F_Y^2} = 2.88 \text{ [ton]}$$

$$N_{\text{comb.SLV,rigida}} = 396 \text{ [ton]}$$

Fondazione flessibile:

Nel caso in esame i valori di taglio alla base e sforzo normale calcolati allo SLV con modello con fondazione flessibile sono i seguenti:

TABLE: Base Reactions					
OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ
Text	Text	Text	Tonf	Tonf	Tonf
SISMA X	Combination	Max	9.5857	3.1877	396.7177
SISMA X	Combination	Min	-9.5857	-3.1877	396.4479
SISMA Y	Combination	Max	4.1608	7.0454	396.6679
SISMA Y	Combination	Min	-4.1608	-7.0454	396.4977

Le risultanti:

$$T_{\text{base,comb.SLV-X,flessibile}} = \sqrt{F_X^2 + F_Y^2} = 10 \text{ [ton]}$$

$$T_{\text{base,comb.SLV-Y,flessibile}} = \sqrt{F_X^2 + F_Y^2} = 8.18 \text{ [ton]}$$

$$N_{\text{comb.SLV,flessibile}} = 396 \text{ [ton]}$$

Il limite posto da NTC del 2018 posto pari al 70% delle risultanti di taglio alla base e sforzo normale è rispettato in quanto le sollecitazioni ottenute con la fondazione flessibile sono superiori a quelle ottenute con fondazione rigida e spettro di risposta con terreno di tipo A.

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4800106</td> <td>B</td> <td>96 di 119</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	96 di 119
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	96 di 119								

12.4 VERIFICHE DI RESISTENZA

Nel presente capitolo si riportano le verifiche strutturali e geotecniche richieste da NTC del 2018.

12.4.1 Verifiche di Resistenza Geotecnica (A1+M1+R3)

Le verifiche geotecniche consistono in:

- Verifica capacità portante della fondazione
- Verifica a scorrimento
- Verifica dei cedimenti (metodo edometrico).

12.4.1.1 Verifica di Portanza della fondazione

Il calcolo della portanza viene condotta a lungo termine in condizioni drenate per quanto riguarda la combinazione allo stato limite ultimo e nel breve termine in condizioni non drenate per la combinazione sismica allo stato limite di salvaguardia della vita. . Le sollecitazioni massime ottenute sulla fondazione sono calcolate allo stato limite ultimo e di salvaguardia della vita.

- SLU
- SLV

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4800106</td> <td>B</td> <td>97 di 119</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	97 di 119
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	97 di 119								

12.4.1.1.1 Verifica di Portanza della fondazione allo SLU-CONDIZIONE DRENATE

La resistenza di progetto R_d , cioè in questo caso la tensione massima sopportabile dal terreno è calcolata:

$$R_d = \frac{q_{lim}}{FS}$$

Si procede al calcolo della portanza in condizioni drenate. La rottura di un terreno argilloso limoso viene determinata con il seguente cuneo di rottura:

Il q_{lim} cioè la capacità portante del terreno dove poggia la fondazione è valutato mediante la formula di Brinch-Hansen:

$$q_{lim} = \frac{1}{2} \cdot \gamma' \cdot B \cdot N_\gamma \cdot (s_\gamma \cdot i_\gamma \cdot b_\gamma) + c' \cdot N_c \cdot (s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c) + \sigma'_v \cdot N_q \cdot (s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q)$$

Il terreno di posa della fondazione ha le seguenti caratteristiche meccaniche:

- Base della fondazione $B = 0.60 \text{ m}$
- peso dell'unità di volume $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$
- angolo di attrito interno $\varphi = 25^\circ$
- coesione efficace $c' = 0.08 \text{ t/mq}$

Il piano di posa della fondazione si trova ad una distanza dal piano campagna pari ad:

$$h = 1.4 \text{ m}$$

inoltre esso non risulta essere inclinato quindi i fattori di forma b espressi in Brinch-Hansen vengono annullati:

$$b_c = b_q = 1$$

Anche il carico agente sulla fondazione non risulta essere, inclinato pertanto:

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4800106</td> <td>B</td> <td>98 di 119</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	98 di 119
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	98 di 119								

$$i_{\gamma} = i_c = i_q = 1$$

La fondazione ha i seguenti fattori di forma:

$$s_{\gamma} = 1.07$$

$$s_{\gamma} = s_q = 1.01$$

$$s_c = 1 + 0.2 \cdot K_p \cdot \left(\frac{B}{L}\right) = 1.30$$

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE   	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">E21D</td> <td style="text-align: center;">00 D Z3</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">FA4800106</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">99 di 119</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	99 di 119
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	99 di 119								

I fattori di approfondimento sono:

$$d_q = 1 + 2 \cdot \frac{d}{B} \cdot \tan(\varphi) \cdot (1 - \sin \varphi)^2 = 1.37$$

$$d_c = 1 + 0.2 \cdot \sqrt{K_p} \cdot \frac{D}{B} = 1.73$$

I coefficienti di capacità portante impiegati (Vesic) sono:

$$N_q = \frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi} \cdot e^{\pi \cdot \tan \varphi} = 10.65$$

$$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan \varphi = 10.87$$

$$N_c = 20.70$$

Di conseguenza la capacità portante della fondazione risulta essere la seguente:

$$q_{lim} = \frac{1}{2} \cdot \gamma' \cdot B \cdot N_\gamma \cdot (s_\gamma \cdot i_\gamma \cdot b_\gamma) + c' \cdot N_c \cdot (s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c) + \sigma'_v \cdot N_q \cdot (s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q) =$$

$$q_{lim} = 0.54 [MPa]$$

Considerando un fattore di sicurezza pari ad:

<i>Tabella 6.4.1 – Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali</i>			
VERIFICA	COEFFICIENTE PARZIALE (R1)	COEFFICIENTE PARZIALE (R2)	COEFFICIENTE PARZIALE (R3)
Capacità portante	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,8$	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,1$	$\gamma_R = 1,1$

$$FS = 2.3$$

La capacità portante di progetto della fondazione è:

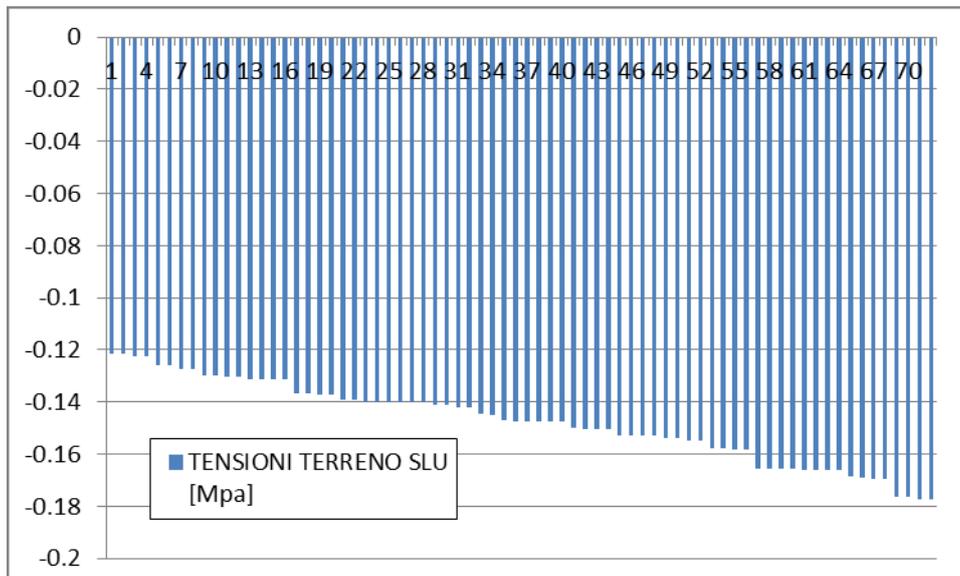
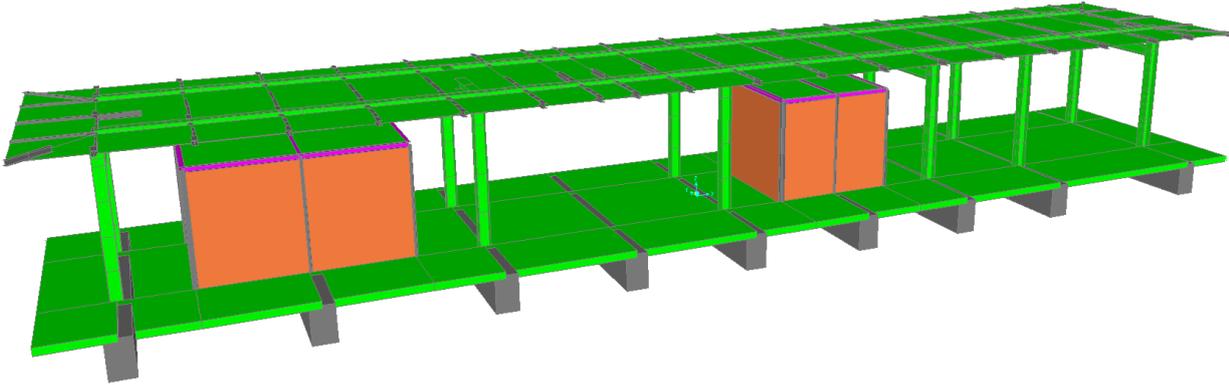
$$R_d = \frac{q_{lim}}{FS} = 0.23 [MPa]$$

NOME DOCUMENTO

AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS -
STRUTTURE: RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	100 di 119

La tensione massima agente sul terreno con costante di Winkler pari a 0,8 kg/cm³:



$$\sigma_t = 0.17 [MPa]$$

La verifica a capacità portante risulta quindi soddisfatta:

$$E_d = 0.17 [MPa] \leq R_d = 0.23 [MPa]$$

OK, Verificato!

NOME DOCUMENTO

AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS -
STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

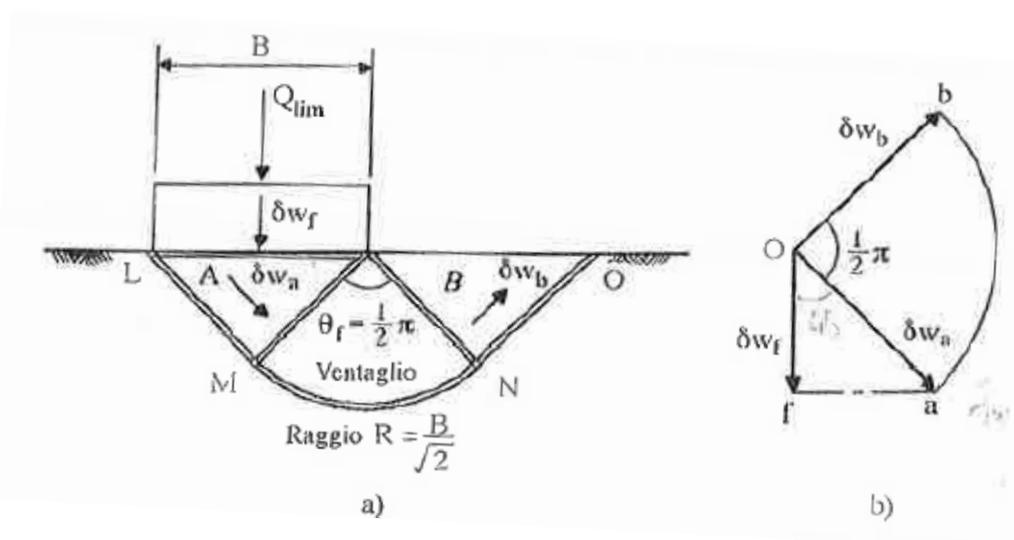
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	101 di 119

12.4.1.1.2 Verifica di Portanza della fondazione allo SLV-CONDIZIONI NON DRENATE

La resistenza di progetto R_d , cioè in questo caso la tensione massima sopportabile dal terreno è calcolata:

$$R_d = \frac{q_{lim}}{FS}$$

Si procede al calcolo della portanza in condizioni non drenate. In questo caso le sovrappressioni interstiziali non sono dissipate ($\Delta u \neq 0$), pertanto la verifica viene condotta in termini di tensioni e parametri meccanici totali. La rottura di un terreno argilloso limoso viene determinata con il seguente cuneo di rottura:



Con tale meccanismo di rottura il carico limite della fondazione è il seguente:

$$q_{lim} = \frac{Q_{lim}}{B} = (2 + \pi) \cdot c_{ud} + \gamma_{sat} \cdot h$$

Con l'approccio numero uno si devono dividere le resistenze caratteristiche geotecniche per i coefficienti parziali dati da NTC del 2018 al punto 6.2.4.1.2:

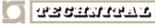
 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE   Engineering and Technical Services S.p.A.  ARCHITETTI ASSOCIATI	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS - STRUTTURE: RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4800106</td> <td>B</td> <td>102 di 119</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	102 di 119
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	102 di 119								

Tabella 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE	(M1)	(M2)
<i>Tangente dell'angolo di resistenza al taglio</i>	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1,0	1,25
<i>Coesione efficace</i>	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
<i>Resistenza non drenata</i>	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
<i>Peso dell'unità di volume</i>	γ	γ_{γ}	1,0	1,0

Quindi:

$$c_{ud} = \frac{0.10}{1} = 0.10 \text{ MPa}$$

Il carico limite diviene:

$$q_{lim} = \frac{Q_{lim}}{B} = (2 + \pi) \cdot c_{ud} + \gamma_{sat} \cdot h = 0.514 + 0.0216 = 0.54 \text{ [MPa]}$$

Tale valore deve essere ridotto per il fattore di sicurezza FS posto pari ad:

VERIFICA	COEFFICIENTE PARZIALE (R1)	COEFFICIENTE PARZIALE (R2)	COEFFICIENTE PARZIALE (R3)
Capacità portante	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,8$	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,1$	$\gamma_R = 1,1$

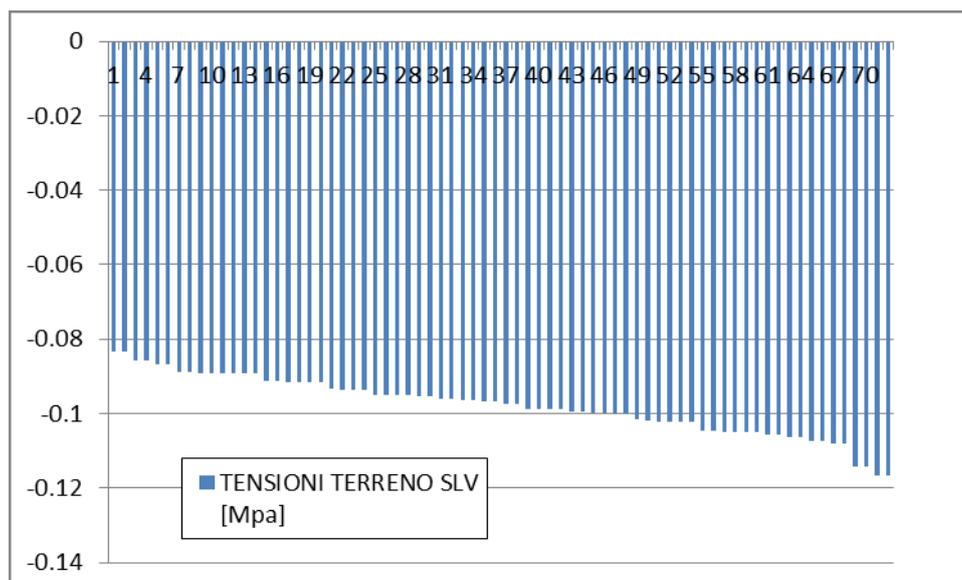
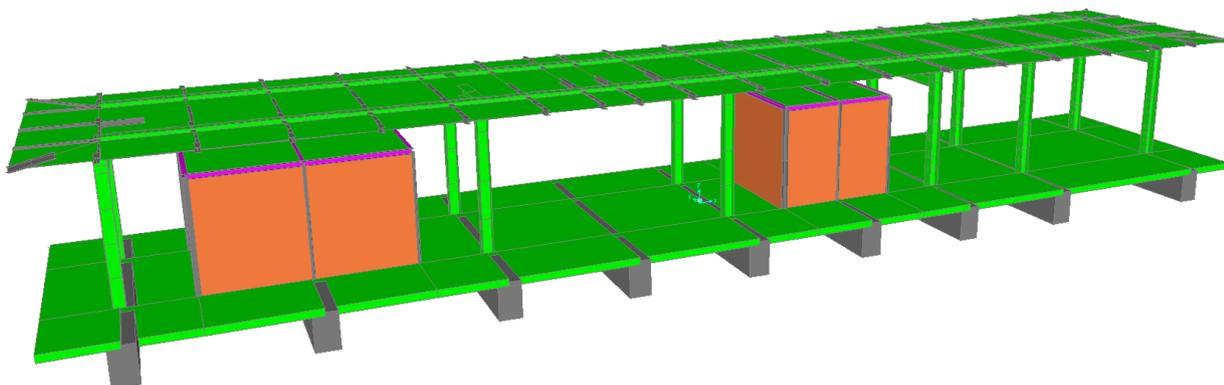
$$FS = 2.3$$

La capacità portante di progetto della fondazione è:

$$R_d = \frac{q_{lim}}{FS} = 0.23 \text{ [MPa]}$$

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4800106</td> <td>B</td> <td>103 di 119</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	103 di 119
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	103 di 119								

La tensione massima agente sul terreno con costante di Winkler pari a 0,8 kg/cm³:



$$\sigma_t = 0.12 [MPa]$$

La verifica a capacità portante risulta quindi soddisfatta:

$$E_d = 0.12 [MPa] \leq R_d = 0.23 [MPa]$$

[OK, Verificato]

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">E21D</td> <td style="text-align: center;">00 D Z3</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">FA4800106</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">104 di 119</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	104 di 119
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	104 di 119								

12.4.1.1.3 Verifica a Scorrimento allo SLV

La resistenza di progetto R_d , cioè in questo caso la capacità a scorrimento è calcolata con la sottostante espressione:

$$R_d = \frac{A \cdot C_u}{\gamma_R}$$

In cui:

- A è l'area della fondazione
- C_u è la resistenza a taglio non drenata
- γ_R è il coefficiente di sicurezza pari a 1.1

Allo stato limite di salvaguardia della vita si ha in fondazione il seguente carico verticale e taglio alla base:

TABLE: Base Reactions					
OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ
Text	Text	Text	Tonf	Tonf	Tonf
SISMA X	Combination	Max	9.5857	3.1877	396.7177
SISMA X	Combination	Min	-9.5857	-3.1877	396.4479
SISMA Y	Combination	Max	4.1608	7.0454	396.6679
SISMA Y	Combination	Min	-4.1608	-7.0454	396.4977

Le risultanti:

$$T_{\text{base,comb.SLV-X,flessibile}} = \sqrt{F_X^2 + F_Y^2} = 10 \text{ [ton]}$$

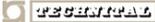
$$T_{\text{base,comb.SLV-Y,flessibile}} = \sqrt{F_X^2 + F_Y^2} = 8.18 \text{ [ton]}$$

$$R_d = \frac{A \cdot C_u}{\gamma_R} = \frac{(0.6 \cdot 7.5 \cdot 9) \cdot 10}{1.1} = 368 \text{ [ton]}$$

La verifica a scorrimento è soddisfatta:

$$F_{h,SLV} = 10 \text{ [ton]} \leq R_d = 368 \text{ [ton]}$$

[OK, Verificato]

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE   	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4800106</td> <td>B</td> <td>105 di 119</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	105 di 119
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	105 di 119								

12.4.1.2 Verifica dei cedimenti allo SLE

In questo punto si riporta il calcolo dei cedimenti allo stato limite di esercizio. Il limite di cedimento è assunto pari ad (vedi autori Lancellotta, Viggiani):

$$w_{lim} = 50 \text{ [mm]}$$

Allo stato limite di esercizio sulla fondazione è presente un carico concentrato pari ad:

TABLE: Base Reactions							
OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ	GlobalMX	GlobalMY
Text	Text	Text	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m
SLE ENV	Combination	Max	3.9961	4.9894	459.061	7.73351	10.23452

$$Q_{sle} = 459 \text{ [ton]}$$

$$M_{x,sle} = 7.73 \text{ [tonm]}$$

$$M_{y,sle} = 10.23 \text{ [tonm]}$$

Verifiche Cedimenti Edometrici

Piano	Rettangolo	Fam	Cmb	q	qN	$\sigma'v0$	WTot
k.Wink.				[Pa]	[Pa]	[Pa]	[mm]
[N/cm ³]	fondazione						
0	Trave 1						
sez.0	4	1	99092	89260	9832	12.27	8.076
0	Trave 1						
sez.1	4	1	99101	89269	9832	12.271	8.0759
0	Trave 1						
sez.2	4	1	99110	89278	9832	12.272	8.0762
0	Trave 2						
sez.0	4	1	99114	89282	9832	12.273	8.0758
0	Trave 2						
sez.1	4	1	99118	89286	9832	12.274	8.0753
0	Trave 2						
sez.2	4	1	99110	89278	9832	12.272	8.0762
0	Trave 3						
sez.0	4	1	99106	89274	9832	12.272	8.076
0	Trave 3						
sez.1	4	1	99098	89266	9832	12.271	8.0759
0	Trave 3						
sez.2	4	1	99081	89249	9832	12.268	8.0762
0	Trave 4						
sez.0	4	1	108196	98364	9832	13.69	7.9033
0	Trave 4						
sez.1	4	1	108198	98366	9832	13.69	7.9033
0	Trave 4						
sez.2	4	1	108200	98368	9832	13.69	7.9035

NOME DOCUMENTO

AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS -
STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	106 di 119

0	Trave 5						
sez.0	4	1	108194	98362	9832	13.69	7.9031
0	Trave 5						
sez.1	4	1	108191	98359	9832	13.69	7.9028
0	Trave 5						
sez.2	4	1	108195	98363	9832	13.69	7.9034
0	Trave 6						
sez.0	4	1	108199	98367	9832	13.69	7.9033
0	Trave 6						
sez.1	4	1	108197	98365	9832	13.69	7.9033
0	Trave 6						
sez.2	4	1	108195	98363	9832	13.69	7.9034
0	Trave 7						
sez.0	4	1	112121	102289	9832	14.269	7.8578
0	Trave 7						
sez.1	4	1	112120	102288	9832	14.269	7.8574
0	Trave 7						
sez.2	4	1	112120	102288	9832	14.268	7.8581
0	Trave 8						
sez.0	4	1	112120	102288	9832	14.268	7.858
0	Trave 8						
sez.1	4	1	112119	102287	9832	14.268	7.858
0	Trave 8						
sez.2	4	1	112117	102285	9832	14.268	7.8581
0	Trave 9						
sez.0	4	1	112120	102288	9832	14.268	7.858
0	Trave 9						
sez.1	4	1	112121	102289	9832	14.268	7.858
0	Trave 9						
sez.2	4	1	112121	102289	9832	14.268	7.8581
0	Trave 10						
sez.0	4	1	122340	112508	9832	15.835	7.7262
0	Trave 10						
sez.1	4	1	122323	112491	9832	15.834	7.7252
0	Trave 10						
sez.2	4	1	122302	112470	9832	15.828	7.7267
0	Trave 11						
sez.0	4	1	122295	112463	9832	15.829	7.7261
0	Trave 11						
sez.1	4	1	122286	112454	9832	15.828	7.7258
0	Trave 11						
sez.2	4	1	122271	112439	9832	15.825	7.7266
0	Trave 12						
sez.0	4	1	122338	112506	9832	15.834	7.7264
0	Trave 12						
sez.1	4	1	122342	112510	9832	15.835	7.7262
0	Trave 12						
sez.2	4	1	122343	112511	9832	15.833	7.727
0	Trave 13						
sez.0	4	1	156523	146691	9832	20.99	7.457
0	Trave 13						
sez.1	4	1	156357	146525	9832	20.973	7.4552
0	Trave 13						
sez.2	4	1	154935	145103	9832	20.657	7.5003
0	Trave 14						
sez.0	4	1	154626	144794	9832	20.623	7.4978
0	Trave 14						
sez.1	4	1	154308	144476	9832	20.588	7.4952
0	Trave 14						
sez.2	4	1	153983	144151	9832	20.551	7.4926
0	Trave 15						
sez.0	4	1	155821	145989	9832	20.911	7.4515
0	Trave 15						
sez.1	4	1	156021	146189	9832	20.934	7.4531
0	Trave 15						

NOME DOCUMENTO

 AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS -
 STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	107 di 119

sez.2	4	1	156355	146523	9832	20.971	7.4558
0	Trave 16						
sez.0	4	1	124089	114257	9832	16.032	7.7399
0	Trave 16						
sez.1	4	1	124074	114242	9832	16.032	7.739
0	Trave 16						
sez.2	4	1	124053	114221	9832	16.027	7.7403
0	Trave 17						
sez.0	4	1	124047	114215	9832	16.027	7.7399
0	Trave 17						
sez.1	4	1	124037	114205	9832	16.026	7.7396
0	Trave 17						
sez.2	4	1	124022	114190	9832	16.023	7.7402
0	Trave 18						
sez.0	4	1	124087	114255	9832	16.032	7.7402
0	Trave 18						
sez.1	4	1	124091	114259	9832	16.032	7.74
0	Trave 18						
sez.2	4	1	124092	114260	9832	16.031	7.7406
0	Trave 19						
sez.0	4	1	117222	107390	9832	14.981	7.8248
0	Trave 19						
sez.1	4	1	117220	107388	9832	14.981	7.8246
0	Trave 19						
sez.2	4	1	117222	107390	9832	14.981	7.8248
0	Trave 20						
sez.0	4	1	117222	107390	9832	14.981	7.8248
0	Trave 20						
sez.1	4	1	117222	107390	9832	14.981	7.8248
0	Trave 20						
sez.2	4	1	117220	107388	9832	14.981	7.8248
0	Trave 21						
sez.0	4	1	117223	107391	9832	14.981	7.8248
0	Trave 21						
sez.1	4	1	117223	107391	9832	14.981	7.8248
0	Trave 21						
sez.2	4	1	117223	107391	9832	14.981	7.8249
0	Trave 22						
sez.0	4	1	111479	101646	9832	14.195	7.8531
0	Trave 22						
sez.1	4	1	111472	101640	9832	14.195	7.853
0	Trave 22						
sez.2	4	1	111455	101623	9832	14.192	7.8532
0	Trave 23						
sez.0	4	1	111485	101653	9832	14.196	7.853
0	Trave 23						
sez.1	4	1	111488	101656	9832	14.197	7.8527
0	Trave 23						
sez.2	4	1	111482	101650	9832	14.196	7.8533
0	Trave 24						
sez.0	4	1	111466	101634	9832	14.194	7.853
0	Trave 24						
sez.1	4	1	111475	101643	9832	14.195	7.853
0	Trave 24						
sez.2	4	1	111482	101650	9832	14.196	7.8533

Si calcola un cedimento massimo allo stato limite di esercizio pari ad:

$$w = 21 \text{ [mm]}$$

La verifica è soddisfatta:

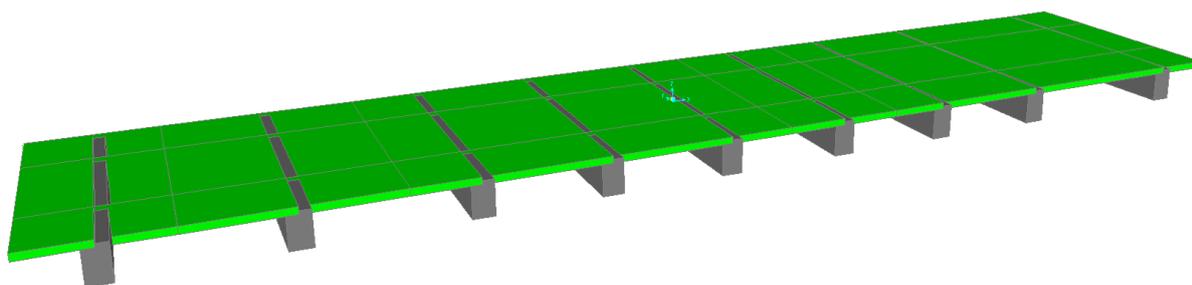
	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4800106</td> <td>B</td> <td>108 di 119</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	108 di 119
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	108 di 119								

$$w = 21 \text{ [mm]} \leq w_{\text{lim}} = 50 \text{ [mm]}$$

[OK, Verificato]

12.4.2 Verifica della fondazione

L'opera in fondazione è composta da travi di fondazione in calcestruzzo gettato in opera collegate in testa grazie ad una soletta sempre in calcestruzzo armato non appoggiata a terra.



Le sollecitazioni presenti sulla platea sono influenzate dall'iterazione tra terreno e fondazione, pertanto le verifiche di resistenza riportate al presente punto sono condotte considerando le sollecitazioni calcolate mediante modello con fondazione rigida e flessibile.

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4800106</td> <td>B</td> <td>109 di 119</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	109 di 119
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	109 di 119								

12.4.2.1.1 Verifica Travi di fondazione

Al presente punto si riporta la verifica di resistenza delle travi di fondazione a flessione e taglio. Le sollecitazioni sono calcolate considerando la fondazione come rigida in modo da massimizzare le sollecitazioni sugli elementi resistenti presenti in fondazione.

12.4.2.1.1.1 *Verifica a flessione fondazione rigida*

La verifica a flessione viene condotta con le sollecitazioni calcolate mediante la combinazione più gravosa, che in questo specifico caso è allo stato limite di salvaguardia della vita SLV. Le travi presentano la seguente geometria e armatura:

4 + 4Ø16 barre longitudinali

1Ø8/20 Staffe a 2 braccia

NOME DOCUMENTO

AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS -
STRUTTURE: RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA

E21D

LOTTO

00 D Z3

CODIFICA

RH

DOCUMENTO

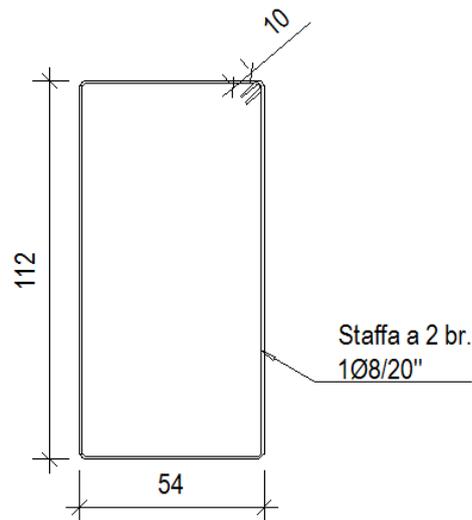
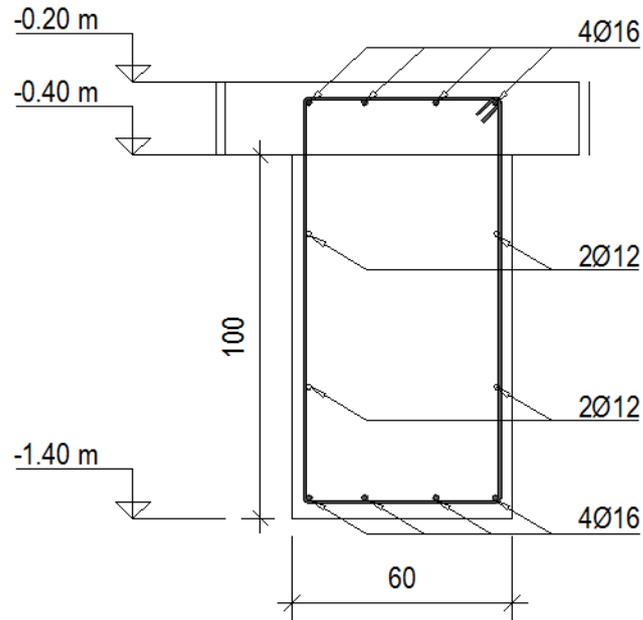
FA4800106

REV.

B

FOGLIO

110 di 119

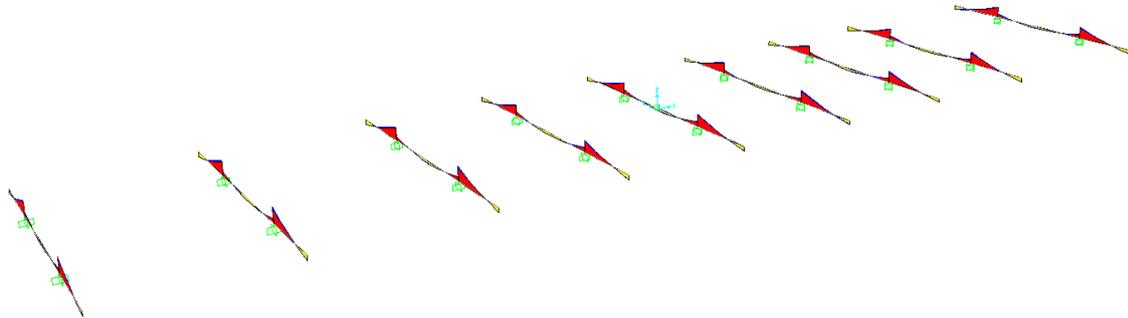


SLU:

NOME DOCUMENTO

AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS -
STRUTTURE: RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	111 di 119



$$M_{max} = 14 [tm]$$

NOME DOCUMENTO

 AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS -
 STRUTTURE: RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

E21D

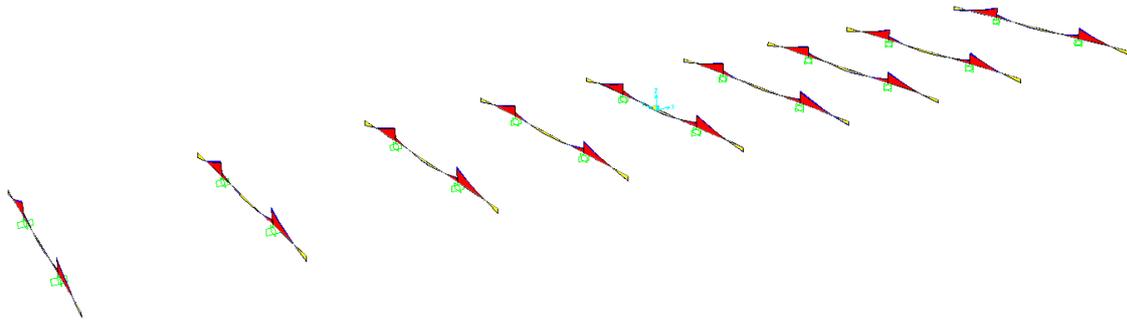
00 D Z3

RH

FA4800106

B

112 di 119

SLV:


$$M_{max} = 8.60 [tm]$$

Il momento resistente della trave è il seguente:

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	60	100	1	6.16	90

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n
 N_{Ed} 0 kN
 M_{xEd} 0 kNm
 M_{yEd} 0 kNm

P.to applicazione N: Centro
 Tipo rottura: Lato acciaio - Acciaio snervato

Materiali: B450C C25/30
 ε_{su} 67.5 ‰ ε_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391.3 N/mm² ε_{cu} 3.5 ‰
 E_s 200.000 N/mm² f_{cd} 14.17 N/mm²
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ε_{syd} 1.957 ‰ σ_{c,adm} 9.75 N/mm²
 σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.6
 τ_{cl} 1.829

M_{xRd} 213.3 kNm
 σ_c -14.17 N/mm²
 σ_s 391.3 N/mm²
 ε_c 2.86 ‰
 ε_s 67.5 ‰
 d 90 cm
 x 3.659 x/d 0.04065
 δ 0.7

Tipo Sezione: Rettan.re
 Metodo di calcolo: S.L.U. + Metodo n
 Tipo flessione: Retta

N° rett. 100
 Calcola MRd Dominio M-N
 L₀ 0 cm Col. modello
 Precompresso

La verifica è soddisfatta:

$$M_{Ed} = 20 [tm] \leq M_{Rd} = 21 [tm]$$

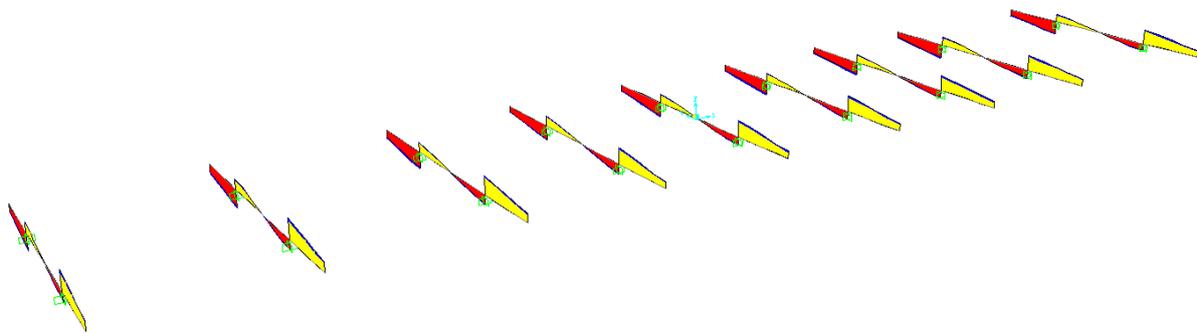
[OK, Verificato]

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4800106</td> <td>B</td> <td>113 di 119</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	113 di 119
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	113 di 119								

12.4.2.1.1.2 Verifica a taglio fondazione Rigida

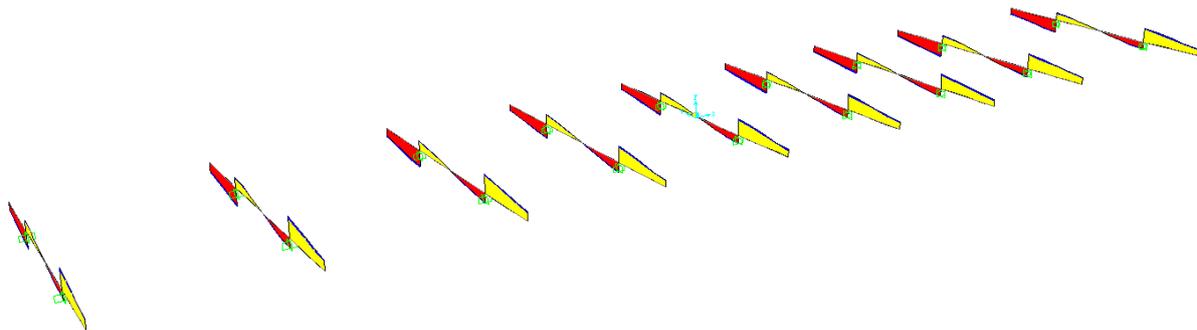
Al presente punto si verifica la trave di fondazione a taglio. Le sollecitazioni massime sono le seguenti:

SLU:

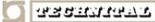


$$V_{max} = 12.15 \text{ [ton]}$$

SLV:



$$V_{max} = 7.65 \text{ [ton]}$$

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE   	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">E21D</td> <td style="text-align: center;">00 D Z3</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">FA4800106</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">114 di 119</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	114 di 119
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	114 di 119								

La capacità a taglio della sezione è la seguente:

VERIFICA A TAGLIO TRAVE IN C.A								
TAGLIO DI PROGETTO Ved (kg)							17500	
LUNGHEZZA TRAVE (m)							1.00	
CALCOLO Passo staffe								
d	Asw	fyd	ctg(teta)	ctg(alfa)	sen(alfa)	Vrsd	s	
(mm)	(mm ²)	(Mpa)	(/)	(/)	(/)	(N)	(mm)	
1120	100.48	391	1	0.00	1	175000	226	
						198010	200	
Area As (mm ²)							804	
Ved<=As*fyd*sen(alfa) (N)							314364	VERIFICATO
fcd	bw	ni	alfa_c					
(Mpa)	(mm)	(/)	(/)					
14.16667	600	0.5	1					
ROTTURA LATO ACCIAIO SE E SOLO SE VRcd>VRsd (N)							2142000	VERIFICATO
Ved<=0.5*bw*Asw*ni*fcd (N)							2380000	VERIFICATO

Con una staffa da 8 mm ogni 20 cm si verifica una capacità a taglio pari ad:

$$V_{Rd} = 19,80 \text{ [ton]}$$

La verifica è soddisfatta:

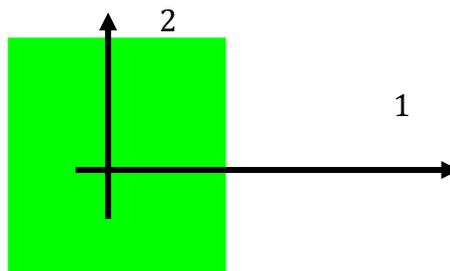
$$V_{Ed} = 12.15 \text{ [ton]} \leq M_{Rd} = 19,80 \text{ [ton]}$$

[OK, Verificato]

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4800106</td> <td>B</td> <td>115 di 119</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	115 di 119
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	115 di 119								

12.4.3 Verifica Soletta di fondazione

Al presente punto si riporta la verifica a flessione della soletta. Per comprendere la direzione delle sollecitazioni sulla platea si considera il seguente sistema di riferimento:



Direzione 1:

In direzione 1 con un'armatura diffusa composta da:

1Ø12/20 '' (sopra)

1Ø12/20 '' (sotto)

Il momento resistente di una striscia di platea larga un metro è pari ad:

Titolo : _____

N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	20	1	5,65	5
			2	5,65	15

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed} kN

M_{xEd} kNm

M_{yEd}

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls

Coord.[cm] xN yN

Tipo rottura

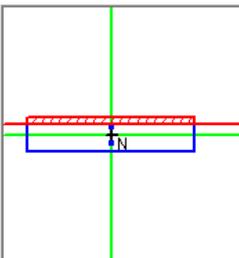
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Tipo Sezione

Rettan.re Trapezi

a T Circolare

Rettangoli Coord.



Materiali

B450C **C25/30**

ε_{su} ‰ ε_{c2} ‰

f_{yd} N/mm² ε_{cu} ‰

E_s N/mm² f_{cd} ‰

E_s/E_c f_{cc}/f_{cd} ?

ε_{syd} ‰ σ_{c,adm} ‰

σ_{s,adm} N/mm² τ_{co} ‰

τ_{c1} ‰

M_{xRd} kN m

σ_c N/mm²

σ_s N/mm²

ε_c ‰

ε_s ‰

d cm

x x/d δ

Metodo di calcolo

S.L.U.+ S.L.U.-

Metodo n

Tipo flessione

Retta Deviata

N° rett.

Calcola MRd Dominio M-N

L₀ cm Col. modello

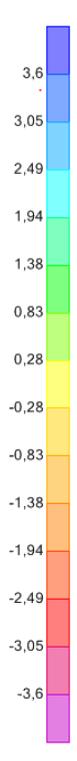
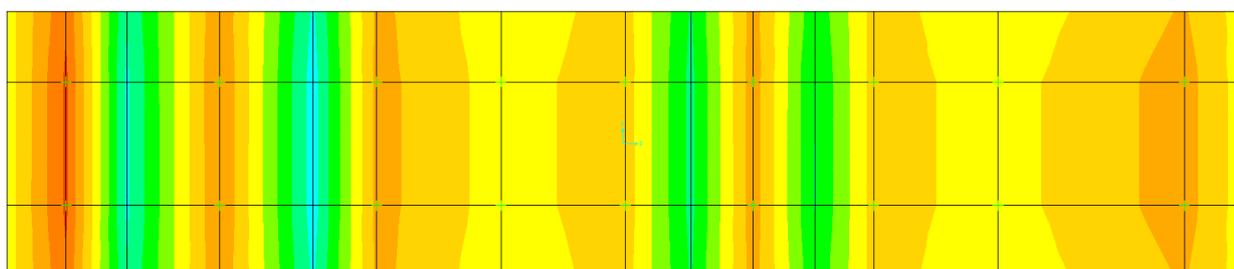
Precompresso

$$M_{Rd} = 3,6 \text{ [tm]}$$

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4800106</td> <td>B</td> <td>116 di 119</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	116 di 119
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	116 di 119								

Fondazione Rigida:

Con il momento resistente calcolato si ha il rispetto della verifica di resistenza nelle zone campite dal fuxia al blu



*Momento Aree in Fuxia
3,6 [tm]*

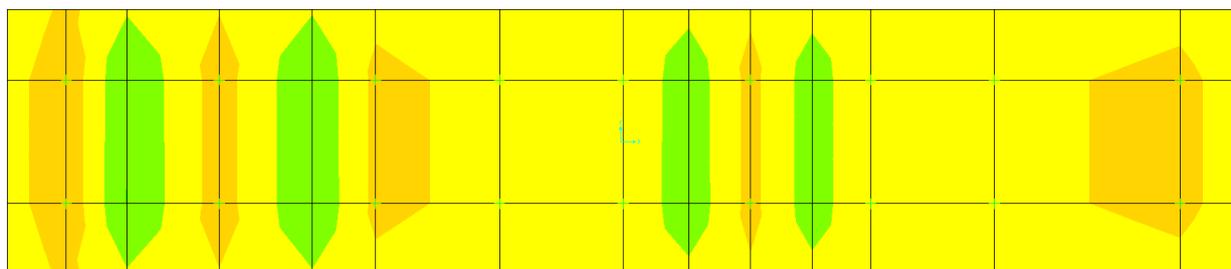
*Momento Aree in Blu
3,6 [tm]*

[OK, Verificato]

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4800106</td> <td>B</td> <td>118 di 119</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	118 di 119
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	118 di 119								

Fondazione Rigida:

Con il momento resistente calcolato si ha il rispetto della verifica di resistenza nelle zone campite dal fuxia al blu



Momento Aree in Fuxia
 3,6 [tm]

Momento Aree in Blu
 3,6 [tm]

[OK, Verificato]

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA FERRARIS - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4800106</td> <td>B</td> <td>119 di 119</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	119 di 119
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4800106	B	119 di 119								

12.5 Analisi conclusive in merito alla verifica delle fondazioni

In seguito alle analisi svolte ed alle valutazioni effettuate sui risultati ottenuti in termini di resistenza e di deformabilità è possibile affermare che l'organismo strutturale così progettato e tutti gli elementi che lo compongono rispettano i limiti e le prestazioni richieste da normativa.

Inoltre si dispone la seguente prescrizione:

La relazione geologica a nostra disposizione non riporta delle indagini penetrometriche riferite al sito della costruzione. Pertanto nelle verifiche riportate ai punti precedenti si impiegano dei parametri geotecnici cautelativi i quali in fase esecutiva dovranno essere opportunamente verificati mediante prove geologiche in sito. Inoltre la fondazione oggetto di verifica è progettata considerando un andamento altimetrico del terreno pianeggiante. Nel caso in cui tale ipotesi non risulti essere verificata si deve necessariamente modificare la tipologia di fondazione inserendo pali e/o muri di sostegno.

13. Allegato A

Il codice di calcolo utilizzato è "Sap 2000 – licenza n° SN:265B".